TÉCNICA

Instituto Superior Técnico
BIBLIOTECA

REVISTA DE ENGENHARIA DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 165 - Maio - 1946

CIMENTO

SECIL

Fabricado pelos mais modernos processos e preferido para todos os trabalhos de responsabilidade.
Sacos de papel ou de juta com 50 Kg.
Barricas de 180 Kg.

S E C I L

COMPANHIA GERAL DE CAL E CIMENTO
RUA DO COMÉRCIO, 56, 3.º
LISBOA

União Eléctrica Portuguesa

S. A. R. L.

SEDE
Rua Duque de Loulé, 240 — Pôrto
Telef. 2828 — 2829 — 2830 — Est. 90

DELEGAÇÃO
R. António Maria Cardoso, 13, 2.º-Lisboa
Telefones 27232 — 27233 — Est. 365

ELECTRICIDADE DO LINDOSO
E DAS CENTRAIS DO FREIXO E DA CACHOFARRA

A **União Eléctrica Portuguesa** distribui e vende electricidade nos **distritos** de VIANA DO CASTELO, BRAGA, PORTO, AVEIRO, COIMBRA, VISEU LEIRIA e de SETÚBAL, pela mais extensa rêde de alta-tensão em Portugal (mais de 1.200 kms), levando fôrça motriz às FÁBRICAS e luz a CIDADES, VILAS, ALDEIAS e LUGARES

A **U. E. P.** facilita a electrificação de Fábricas e oferece as maiores vantagens nas suas tarifas

Consultar a **U. E. P.** e consumir a sua energia é **proveitoso negócio**

Cimento «Liz» hidrofugado «N»

PRÓPRIO PARA

IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS

REBOCOS, FUNDAÇÕES, PAREDES, ETC.

Substitue com vantagem de ordem técnica e económica todos os impermeabilizadores conhecidos.

Em sacos de papel de 50 quilos

Peçam instruções para o seu emprêgo

Sede: Rua do Cais de Santarém, 64, 1.º — LISBOA
Filial: Rua de Santo António, 190-A, 1.º — PORTO

Agentes em todo o País

NÚMERO
165
Maio—1946

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS
ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Redacção e Administração: AV. ROVISCO PAIS, IST / LISBOA-N. / TEL. 49144 (linha 50)

DIRECTOR
ANTÓNIO BUSTORFF
ADMINISTRADOR
FERNANDO MANZANARES ABECASIS
BIBLIOTECÁRIO
FERNANDO JÁCOME DE CASTRO
CORPO REDACTORIAL
João Barata Galvão
Henrique Marques Pereira
Eduardo Cansado de Carvalho
José Pais Gromicho
Alfredo Nobre da Costa
Manuel da Silva Ferreira

NÚMERO AVULSO 7$50
ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	12 N.os
Continente e Ilhas	21$00	40$00	75$00
Colónias Portuguesas e Estrangeiro	—	45$00	80$00

EDITOR E PROPRIETARIO
ASS. DOS ESTUD. DO I. S. T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NA
Tip. JORGE FERNANDES, L.da
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — D. G. S. H. — Açude de correcção torrencial (1.ª fase) no ribeiro do Vale do Grou.

		Págs.
Problemas da formação e da actividade dos engenheiros	Eng.º Ricardo E. Teixeira Duarte	933
Transporte mecânico de sólidos nas instalações industriais	Eng.º Luís A. de Almeida Alves	937
Guia de ensaios normativos de análise química das águas potáveis	Roman Casares Lopez, Ramiro Guedes de Campos, Carlos Candido Coutinho, e Léon Villanúa Fungairiño	961
Estacas para fundações	Eng.º Fernando Vasco Costa	985
Vida Escolar e Associativa		991
Publicações recebidas		994

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

D. MOURA — ENGENHEIRO

REPARADORA ELECTRO-MECÂNICA

Uma organização para trabalhos de electricidade

ALTA TENSÃO — BAIXA TENSÃO

Oficinas de construções eléctricas.
Transformações de características e reparações em:
GERADORES — MOTORES — TRANSFORMADORES
e em tôda a aparelhagem eléctrica para usos industriais e agrícolas.
SERVIÇO DE ASSISTÊNCIA URGENTE À INDÚSTRIA

Instalações industriais de Fôrça Motriz e Luz
Portos de transformação

Com o nosso empréstimo de máquinas temos evitado a paralização de muitas fábricas

RUA DA TRINDADE, 18-A — LISBOA
Telefone 21406
Telegramas — REPARADORA

CARROS INDUSTRIAIS

MOTORES MARÍTIMOS — **Douglas** — GRUPOS GERADORES

Motores industriais a gasolina e gasolina / petróleo

Série 1 cilindro		Série 2 cilindros	
B.H.P.	R.P.M.	B.H.P.	R.P.M.
2 1/2	1800	4	2500
4 1/2-5	1800	6 1/2	2000
6	1800	7	2000
7	1800	7 1/2	1800
		8 1/2	1800

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS PARA PORTUGAL

H. M. F. HATHERLY, L.DA — Rua do Comércio, 8 — Tel. 22001

G.E.C.

THE GENERAL ELECTRIC CO. LTD., OF ENGLAND

NA GUERRA COMO NA PAZ

À FRENTE DO PROGRESSO ELÉCTRICO

O equipamento eléctrico da G. E. C. — motores, aparelhos de control, etc. — para «TROLLEY BUSES», servindo os transportes públicos sobrecarregados em muitas partes do mundo, a confiança em rehabilitá-los justifica-se pelo longo e penoso serviço sob todas as condições.

Durante a guerra os vastos recursos técnicos e industriais da G. E. C., — guiando as pesquisas eléctricas e as realizações técnicas — estiveram concentrados no esforço da guerra.

As instalações e as máquinas serviram lealmente as Nações Unidas em todas as frentes e não descansaram na frente interna onde a indústria britânica desenvolveu e manteve o maior esforço de produção da história.

Debaixo do ímpeto da guerra, a Companhia fez consideráveis avanços técnicos em todas as aplicações da electricidade, incluíndo o importante grupo dos electrónicos, que foi de imenso valor para todos os interessados com os transportes eléctricos, planos de reconstrução ou desenvolvimento, em todas as partes do mundo.

ESQUEMAS DE ELECTRIFICAÇÃO

Os esquemas da electrificação da G. E. C., foram aplicados em todas as indústrias, incluindo: Fábricas de Aviões, Automóveis, Locomotivas, Vagões e Carruagens dos Caminhos de Ferro, e também nas indústrias: Mineira, Química, Têxtil, Ferro, Aço, Cobre e Refinarias de óleo, etc., etc.

THE GENERAL ELECTRIC CO., LTD., MAGNET HOUSE, KINGSWAY, LONDON

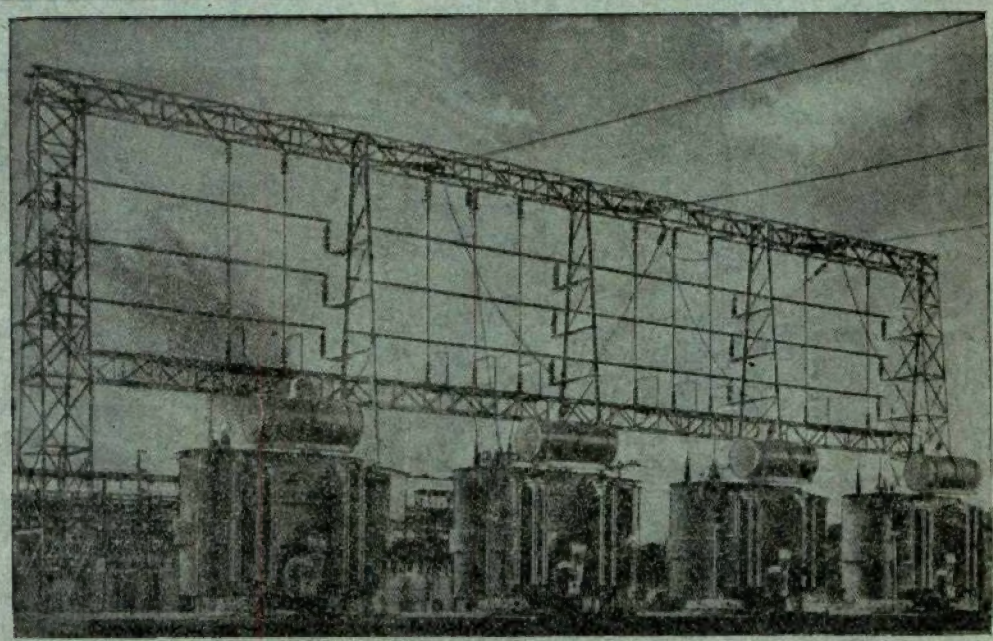
REPRESENTANTES:

THE ENGINEERING COMPANY OF PORTUGAL LTD

RUA DOS REMOLARES, 12 - 1.° — LISBOA

GENERAL ELECTRIC

Schenectady, N. Y.



Sub-estação ao ar livre de 25.000 kVA, 220.000 volts

Motores e dinamos. Alternadores. Transformadores. Aparelhos para alta e baixa tensão. Centrais termo e hidroeléctricas. Instalações para melhorar o factor potência. Tracção eléctrica. Máquinas, Transformadores e Electrodos para soldadura eléctrica. Fornos eléctricos. Automotoras eléctricas e Diesel-Eléctricas. Turbinas de vapor. Aparelhos de iluminação. Instrumentos de medida. Condutores eléciricos. Electrificação de fábricas. Comandos eléctricos especiais para fábricas téxteis, fábricas de papel, etc. Máquinas frigoríficas. Emissores e receptores para T. S. F. Aparelhagem de Electro-Medicina. Instalações de Som.

THOMSON
GENERAL ELECTRIC

Portuguesa, L.da

LISBOA

Rua do Norte, 5

Telef. 28135-28136

Fábricas Metalúrgicas

EXECUTAM
TODOS OS TRABALHOS DE:

Ferro fundido, cobre, Bronze, Alumínio e outras ligas — OFICINA DE SERRALHARIA

(Marca Registada)

AGENTES NAS:
ILHAS E COLÓNIAS

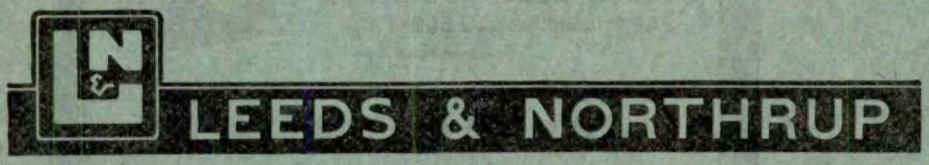
VIAJANTES NO:
SUL E NORTE DO PAÍS

AUGUSTO MARTINS PEREIRA

SEDE:
ALBERGARIA-A-VELHA
TELEFONE: **6** (P. B. X.)
TELEGRAMAS **ALBA**

ESCRITÓRIOS EM LISBOA:
R. DOS CORREEIROS, 40, 2.º-E.
TELEFONE: **2 1 3 1 9**

APARELHAGEM ELÉCTRICA
INDUSTRIAL E DE PRECISÃO



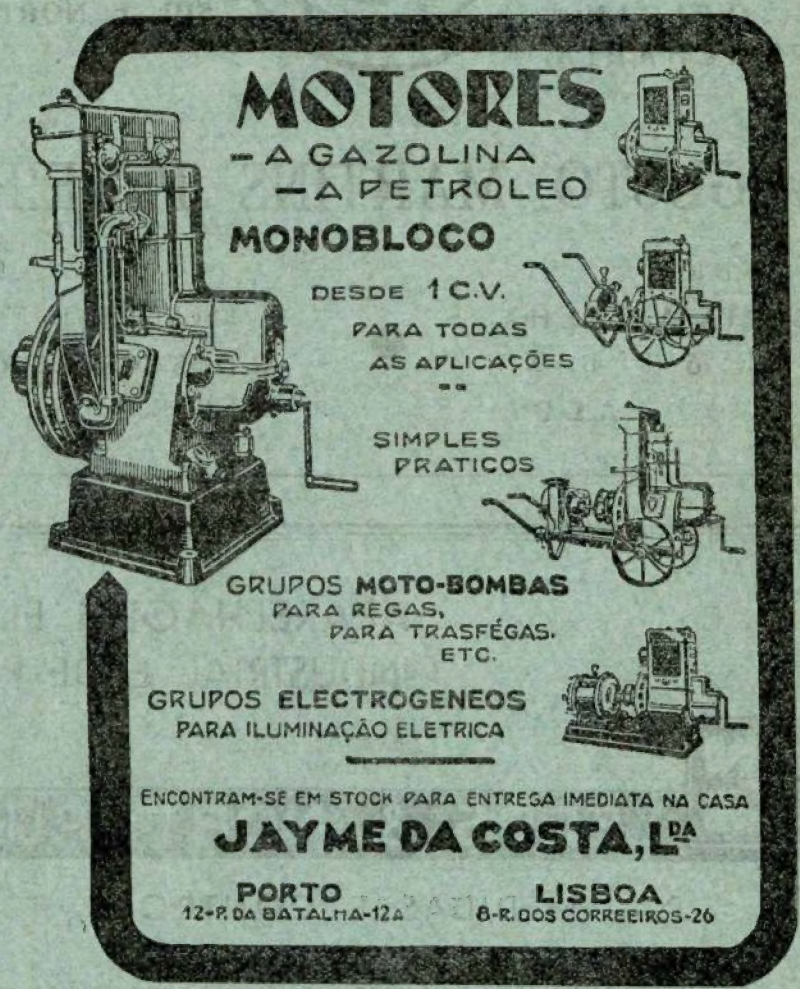
Para MEDIDAS E CONTROLE

Frequência	Densidade de fumos	Fluxos de água e vapor
Potência e carga	Análise de líquidos	Temperatura
Análise espectrográfica	Condutibilidade electrónica	Tensão, corrente, etc.
Análise de gases	Combustão	Resistência e condutibilidade
Humidade	Velocidade	Características de dieléctricos

FORNALHAS eléctricas para tratamento de metais pelo calor

Sociedade **electrom** Limitada

LARGO DO DIRECTORIO, 8 — LISBOA — TELEFONE **2 2 2 7 7**


MOTORES
— A GAZOLINA
— A PETROLEO
MONOBLOCO
DESDE 1 C.V.
PARA TODAS
AS APLICAÇÕES
SIMPLES
PRATICOS
GRUPOS MOTO-BOMBAS
PARA REGAS,
PARA TRASFÉGAS.
ETC.
GRUPOS ELECTROGENEOS
PARA ILUMINAÇÃO ELETRICA
ENCONTRAM-SE EM STOCK PARA ENTREGA IMEDIATA NA CASA
JAYME DA COSTA, L.DA
PORTO
12-R. DA BATALHA-12A
LISBOA
8-R. DOS CORREEIROS-26

Standard Electrica

ASSOCIADA

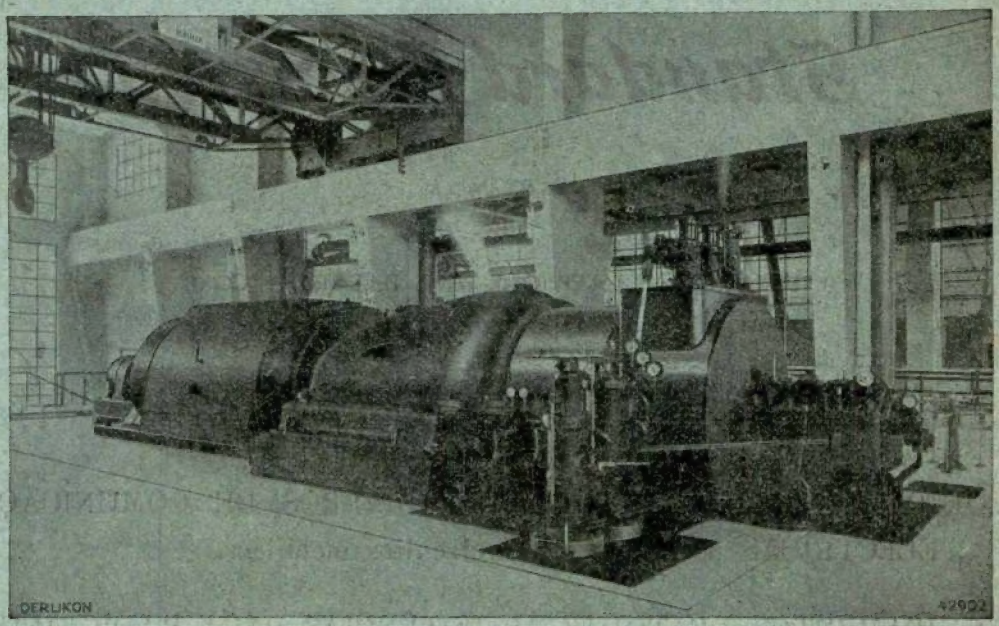
DA

INTERNATIONAL TELEPHONE AND TELEGRAPH CORP

- EQUIPAMENTOS PARA TODOS OS GÉNEROS DE COMUNICAÇÕES ELÉCTRICAS por rádio e por circuitos metálicos.
- EQUIPAMENTOS DE TODAS AS POTÊNCIAS PARA RADIODIFUSAO E TELEVISAO.
- GRANDES E PEQUENAS CENTRAIS TELEFONICAS, manuais e automáticas.
- TODO O GÉNERO DE APARELHAGEM MANUAL E AUTOMÁTICA para instalações telefónicas e telegráficas.
- FORNOS ELÉCTRICOS desde pequenas potências, com aquecimento por correntes de radiofreqüência.
- SISTEMAS PATENTEADOS, DE ANTENAS de alta eficiência.
- CABOS DE TODOS OS TIPOS para comunicações em tôdas as freqüências e para transporte de energia.

Telefone 2 3111/2/3 Rua Augusta, 27 LISBOA

OERLIKON



Grupo turbo-alternador Oerlikon de 30000 kW e ponte rolante de 74 t. da Central de Hameenlinna (Filândia)

PRODUTOS OERLIKON

Equipamentos eléctricos para centrais termo e hidro-eléctricas, subestações e instalações de distribuïção. Geradores e motores eléctricos de todos os tipos, transformadores, reguladores de indução, grupos convertidores, mutadores, turbinas a vapor e turbo geradores, gruas eléctricas, interruptores e aparelhos de manobra para alta e baixa tensão, aparelhos de protecção e relais de todos os tipos, equipamentos para soldadura eléctrica por arco, compressores e bombas de vácuo, electrolisadores, equipamentos eléctricos para locomotivas, automotoras eléctricas e diesel-eléctricas (via estreita e normal), tramwais, troley-buses, funiculares, teleféricos, etc.

Representante Geral para Portugal e Colónias

P. BELLASI

Pôrto // Rua Sá da Bandeira, 494, 3.° // Telefone 968

ATELIERS DE CONSTRUCTION OERLIKON
ZURICH-OERLIKON (SUIÇA)

TÉCNICA

ANTÓNIO BUSTORFF
DIRECTOR

ANO XXI - N.º 165 MAIO 1946

Instituto Superior Técnico
BIBLIOTECA

Problemas da formação e da actividade dos engenheiros

ENG.º CIVIL (I. S. T.) RICARDO E. TEIXEIRA DUARTE

III

ORGANIZAÇÃO

Medite-se bem nas responsabilidades da Engenharia de cada país, considerando esta no seu conjunto e através das dezenas de anos: a pesquisa das riquezas do subsolo, o aproveitamento das águas correntes, o aperfeiçoamento das ferramentas e das máquinas, a transformação das matérias primas em produtos valiosos; o fornecimento da energia eléctrica, a facilidade e a segurança dos transportes por terra, pela água e pelo ar; a urbanização e e saneamento; tudo o que seria longo e sempre incompleto enumerar aqui.

A engenharia está ao serviço da agronomia facultando-lhe caminhos, adubos, água, máquinas, etc.; ao serviço da medicina fornecendo-lhe hospitais, aparelhos e medicamentos. Da engenharia se exige a casa cada vez mais confortável, o vestuário cada vez mais barato, a alimentação cada vez mais fácil, as deslocações cada vez mais rápidas, a transmissão de um pensamento cada vez mais possível, quando se queira e para qualquer local; pede-se-lhe a defesa contra a força dos vendavais, contra a morte que vem dos pântanos, das feras e de outros homens.

A existência real duma nação prova-se pelas suas obras de engenharia: as suas redes de estradas e caminhos de ferro, os seus portos de mar, as suas indústrias, os seus aproveitamentos da energia hidráulica, a sua navegação, os seus serviços urbanos, etc., etc.

Sem engenharia não há agricultura, nem indústria, nem higiene, nem arte; quase podemos dizer que não há governo eficaz nem justiça acessível.

As nações «mães de nações», como Portugal no século XVI, estendem pelo mundo fora a obra dos seus engenheiros. Há um campeonato permanente de múltiplas modalidades, em que algumas nações vão sendo desclassificadas e outras não mereceram ainda a inscrição.

Se a engenharia não é nacional, a nação reduz-se — na mais triste expressão do mal — a uma multidão com os músculos doridos e rostos suados, trabalhando para o estrangeiro em troca de chitas de cores vivas e colares de contas brilhantes! . . .

Tão grandes responsabilidades, tão vasta e tão complexa obra, sempre necessária pelos tempos sem fim, tem de ser a obra de uma colectividade digna, forte e permanente, como a Justiça, como a Força Armada.

Para haver uma Engenharia Nacional, não basta o esforço de umas centenas de engenheiros dispersos por vários Ministérios, é preciso o esforço harmónico de todos os engenheiros portugueses, seja qual for o seu posto no Estado ou na Indústria particular; é indespensável a acção do conjunto de todos os elementos activos da profissão, deixando-se a estes descobrir os seus guias seguros: é necessária a *organização da Engenharia Nacional.*

Tanto é assim que, por mais genial que seja um Ministro, não pode levar a cabo qualquer obra que com a engenharia se relacione sem improvisar uma organização de engenheiros para realizar os estudos necessários e reunir tudo o que, de inteligente e profundo, foi antes estudado por engenheiros sacrificados ao amor pelo trabalho sem esperança de chegar ao fim e de haver quem recorde o seu nome.

Mas os Ministros sucedem-se, desfazendo-se os núcleos competentes que cada um improvisou, perdendo-se a maior parte dos estudos e das concepções que chegaram a provocar; e formam-se depois outros núcleos, efémeros como aqueles. Raras vezes se chega ao fim e, quando se chega, é fechando os olhos a outros problemas relacionados ìntimamente com o estudado, mas que pertencem a outro Ministério ou a outra Direcção Geral.

E são quatro Ministérios — se não contarmos os da Guerra e da Marinha, aquele com as suas múltiplas fábricas, este com a navegação — englobando algumas dezenas de Direcções Gerais e Juntas, além dos Serviços de Engenharia das Câmaras Municipais. Todos estes organismos tratam afinal do mesmo problema — apetrechamento e progresso do País.

Na realidade não há indústrias sem estradas e sem edifícios, sem navios e sem telefones; não há máquinas sem minérios e sem energia; não há produtos sem fábricas e sem aglomerados urbanos. Não há também, sem Engenharia, as armas e os explosivos, navios e aviões; como não haverá água de rega, charruas e adubos para a agricultura. Logo, não pode haver barreiras de separação entre os diversos ramos de engenharia.

*

* *

Será um sonho irrealizável conceber uma Engenharia Nacional criando riqueza, conquistando glórias para a Nação, servindo as populações com novas facilidades de vida, ùnicamente como consequência da sua organização? — Se houvesse, por exemplo, uma Junta Coordenadora de Planos e Serviços de Engenharia na Presidência do Ministério? — E também um Supremo Conselho e um Instituto de Altos Estudos de Engenharia?

Não esqueço a Ordem dos Engenheiros que é indispensável, a essa compete manter a dignidade e a disciplina no exercício da profissão.

Não esqueço o Conselho Superior de Obras Públicas no respectivo Ministério e outros organismos análogos noutros Ministérios, os quais têm missões limitadas aos campos que as suas designações abrangem.

Tudo isto está bem, como está bem parte da obra feita, por iniciativa própria, pelos engenheiros que têm passado pelas cadeiras do Poder. Mas falta uma Entidade Superior permanente que, pelo prestígio da sua alta competência e pela força de um Estatuto de todos respeitado, oriente todos os sectores da Engenharia Portuguesa no caminho do maior progresso possível da Nação.

A ideia visa principalmente à garantia de continuidade de estudo e de orientação, sem o que não são possíveis, ou não surgem oportunamente, obras de engenharia ou de organização industrial que levam dezenas de anos a conceber e a realizar e que devem fazer-se em conjuntos perfeitos, todos dirigidos ao mesmo fim inteligentemente visionado. O meio de o conseguir encontrá-lo-ão os que ocupam os altos postos. As sugestões que se

apontam têm por fim provocar o interesse dos que possam pôr o problema com tanta clareza e brilho que fique logo meio caminho andado para a sua resolução.

*

* *

Feita a organização da Engenharia Portuguesa nos seus órgãos superiores, ela seria naturalmente ouvida na formação dos seus quadros principais e auxiliares, como no preenchimento dos lugares de direcção técnica e na normalização de tudo o que à Engenharia Nacional se refere. A organização estender-se-ia, assim, ao ensino técnico nos seus diversos graus, e às relações entre as classes que eles formam.

Teríamos de começar pela definição de «Engenheiro» no seu sentido de designação de uma profissão, deixando para mais tarde, ou para outros poderes, o problema complicadíssimo em Portugal da sua definição como «título». «Engenheiros» seriam apenas os inscritos, como tal, na Ordem dos Engenheiros. Inscrever-se-iam automàticamente nela os que concluíssem os cursos de certas Escolas e, mediante requerimento, os portugueses com diplomas de Escolas estrangeiras consideradas equiparáveis àquelas (é o que se faz actualmente).

Na minha opinião pessoal, poderiam ser inscritos na Ordem, também, os diplomados com certos cursos, desde que provassem (por forma a estudar) que se tinham dedicado especialmente à matéria das cadeiras de engenharia professadas nesses cursos, e tomassem determinados compromissos de orientação profissional (estou a pensar nos cursos de Agronomia e Silvicultura como estão organizados). Também poderiam ser inscritos como engenheiros os diplomados com certos cursos das Faculdades de Ciências, como os geólogos e os geógrafos, desde que fossem aprovados, mediante frequência em regimen especial, em exames de determinadas cadeiras dos cursos de engenharia. Finalmente, os diplomados com cursos técnicos de grau imediatamente inferior ao dos engenheiros pròpriamente ditos, depois de longa prática e provas distintas em certa especialidade, poderiam requerer exame nas Faculdades de Engenharia com vista à inscrição na Ordem dos Engenheiros.

Eu repito que se trata de formas de ver puramente pessoais que me prontifico a pôr de parte se me mostrarem que estou em erro ou que não vejo certos aspectos do problema.

Devo dizer que não cito especialmente os Arquitectos, porque não sei em que sentido se orientará o seu curso no futuro a que me refiro: se for no sentido em que hoje está orientada a Agronomia, ser-lhes-á aplicável a mesma doutrina que preconizo para esta; se for no sentido da formação principalmente artística, haverá que os considerar em condições semelhantes às dos diplomados com os cursos das Faculdades de Ciências (admitindo que o nível científico não será então inferior a estes). E, já agora, manifesto o pensamento de que alguns médicos higienistas ou radiologistas talvez merecessem a inscrição na Ordem dos Engenheiros; só aqueles que antes se tivessem dado ao trabalho de estudar um pouco mais de matemática e física e, depois, tirassem determinadas cadeiras de engenharia mais relacionadas com as suas especialidades.

Teríamos, assim, engenheiros de todos os ramos da engenharia moderna, incluindo as suas modalidades que mais ìntimamente se ligam com as ciências geológicas, biológicas, geográficas e sociais e, também, com a aspiração de belo que sempre acompanha o homem.

*

* *

A necessidade de organização da Engenharia não resulta só dos altos interesses nacionais e de conveniência de equilíbrio entre as diferentes profissões, mas também das condições reais do exercício da profissão na vida moderna.

É costume entender por responsabilidade profissional a que assume o engenheiro assinando um projecto, ou pondo o seu nome numa taboleta por detrás da qual estão os Regulamentos Camarários ou os Cadernos de Encargos oficiais, e os emprezários das construções ou da fabricação. A responsabilidade é afinal dos engenheiros que aprovaram o projecto, dos engenheiros que elaboraram o regulamento em que essa aprovação se baseou, é dos Serviços de Engenharia do Estado ou da Câmara Municipal que autoriza e fiscaliza a obra ou a fabricação: é uma responsabilidade colectiva. E não há responsabilidade colectiva sem uma organização perfeita com um alto poder, bem real e sábio, posto permanentemente perante os olhos da Nação e do seu Governo.

A missão individual do engenheiro é afinal dar todo o seu esforço para que as obras de engenharia do seu País sejam perfeitas e oportunas, e para que surjam com frequência descobertas e criações notáveis; é uma missão que deve começar a cumprir-se na escola com o amor ao estudo e o bom aproveitamento das próprias aptidões; desenvolve-se no gabinete de cada jóvem engenheiro, com um não menor amor ao estudo e escolha judiciosa do emprego da inteligência e da actividade no ramo de engenharia a que se possa individualmente imprimir mais brilho. Finalmente, quando o saber e a experiência começam a produzir os melhores frutos, a missão do engenheiro é a de orientar outros engenheiros, encaminhando-os para os trabalhos que mais brilhantemente possam levar a cabo.

Só uma geração pode imprimir à obra da Engenharia de uma Nação um impulso apreciável. Cada engenheiro, seja ao serviço do Estado, seja da indústria particular, consagra a essa obra o seu esforço, mas, este é algumas vezes insensato ou inútil, na maioria dos casos é apenas útil para manter o ritmo da obra comum, poucas vezes é origem de aceleração notável, ou porque não é oportuno, ou porque não é grande, ou porque não é dirigido no sentido conveniente.

Uma obra assim tão lenta e tão impessoal tem de estar confiada a uma colectividade responsável colocada acima das solidariedades burocráticas e dos interesses comerciais.

*

* *

Não pareça que eu nego valor à obra individual de cada engenheiro, ou que esqueço o respeito e o carinho que esta merece. Sei bem que é dos seus rasgos geniais que resulta o progresso! O que quero dizer é que o indivíduo não deve esquecer o seu papel de companheiro e de colaborador de outros indivíduos, nem a obrigação de generosidade ou de renúncia que esse papel lhe impõe muitas vezes. Concebo a organização da Engenharia, também, como defesa do engenheiro no exercício da sua profissão livre contra o mal que lhe pode fazer outro engenheiro que, no seu posto oficial, não tenha de momento uma visão clara das coisas. Sem uma organização perfeita da Engenharia Nacional, o engenheiro assim tolhido e prejudicado no exercício da sua profissão por outro engenheiro altamente colocado, não tem geralmente para onde apelar; com ela haveria a arbitragem automática, independente, competente e respeitável que — até onde é dado aos homens aproximar-se da verdade e praticar a justiça — daria satisfação a quem realmente a merecia sem escândalo para quem se tivesse enganado. É claro que isto importa principalmente por ser para bem da Nação nos seus interesses materiais e morais.

TRANSPORTE MECÂNICO DE SÓLIDOS NAS INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS

PELO ENG.º QUÍMICO-INDUSTRIAL LUÍS A. DE ALMEIDA ALVES
Assistente do I. S. T.

C. D. 621.8

Introdução

Num pequeno artigo publicado há cerca de quatro anos no n.º 125 da *Técnica*, referimo-nos, em linhas gerais, à inter-dependência que, em nossa opinião, deveria existir entre as diferentes cadeiras do Instituto Superior Técnico, para que o curso tivesse aquela unidade lógica e pedagógica que todos os cursos, naturalmente, devem ter.

Essa opinião era a consequência final da constatação sistemática de um decréscimo no rendimento de estudo, sempre que, entre dois assuntos sucessivos surgia alguma descontinuidade ou sobreposição; mas, apesar do valor convincente que, para nós, tinha este facto experimental, admitíamos perfeitamente que o nosso ponto de vista pudesse estar deformado, por analisarmos o problema, muito de perto, numa situação que não permitia obter um aspecto de conjunto.

Faltava, por isso, tomar conhecimento da vida profissional, apreciar o curso numa posição em que os erros de pormenor se tornassem desprezíveis em relação aos resultados totais obtidos, para deste modo, poder, com mais segurança, avaliar, até que ponto, a falta de unidade se traduziria em deficiências de preparação técnica.

Por essa razão, deixámos que a nossa formação se fosse completando e, neste momento, depois de dois anos de contacto com os problemas industriais, voltamos a considerar o problema pedagógico da coordenação, mas, agora, mais concretamente e com maior fundamento em dados de observação directa.

Na passagem da vida escolar para a vida profissional, há, na maioria dos casos a sensação de que, apesar das dificuldades encontradas através do curso, apesar do tempo perdido a coordenar assuntos dispersos e apesar da tendência para uma hiper-crítica acêrca de tudo e de todos, ainda fica, de tudo quanto se aprendeu, um conjunto sólido de conhecimentos nos quais é possível encontrar elementos para a resolução, sem grande esforço, da maior parte dos problemas que a Técnica apresenta. Esta sensação cria uma atitude de optimismo que é incontestàvelmente vantajosa pela sua influência no entusiasmo com que os primeiros problemas são abordados, com o desejo de os enquadrar dentro da *bagagem* adquirida e transformar assim, a profissão numa aula prática em grande escala, mais complexa, como é natural, mas também mais atraente.

Mas infelizmente, este optimismo, não é em geral, de grande duração, porque, à medida que os problemas vão sendo estudados com maior detalhe, começam a aparecer pequenas lacunas que, pouco a pouco, se vão ampliando e multiplicando a tal ponto que, a partir de certo momento se sente que entre o que se aprendeu e aquilo que é preciso aplicar, há descontinuidades bastante grandes que só um trabalho ulterior poderá fazer desaparecer.

É claro que, nesta afirmação, aparece uma variável mal definida, porque a grandeza dessas descontinuidades não é susceptível de uma medição rigorosa e a questão toma imediatamente, um aspecto subjectivo em que todos os desacordos são possíveis e onde, muitas vezes, é difícil determinar a posição exacta da verdade.

Na realidade, a princípio, essas descontinuidades são pequenas e há a tendência natural de as fazer desaparecer mediante

um pouco de estudo e de reflexão. Mas, se esse estudo é demorado e, principalmente, se se baseia em conhecimentos de índole teórica, talvez pouco concretizados nas aulas práticas e nunca utilizados nas cadeiras da especialidade; e se, por outro lado, o problema a resolver é de tal modo urgente que não admite demoras na sua resolução, então não há, em geral, nem coragem nem tempo para tentar fazê-lo de uma maneira racional e metódica: o que interessa é a solução imediata.

Para a conseguir, há, portanto, necessidade de consultar livros especializados, os quais em geral, não estarão feitos de molde a adaptarem-se ao curso do Instituto, nem pelas notações, nem pelas fórmulas, nem, mesmo, pelos raciocínios; por consequência, as noções aí adquiridas não poderão deixar de ser, de certo modo, incompletas, e constituirão pontos isolados na cultura técnica, sem relações explícitas com os fundamentos em que deveriam assentar. Ora, o conjunto dêstes pontos isolados que, sucessivamente, vão substituindo as bases anteriormente adquiridas, determinam um afastamento progressivo do curso que acaba por se tornar uma recordação estática cada vez mais distante, em vez de manter uma função essencialmente dinâmica orientadora de toda a actividade futura.

Esta falta de dinamismo que não pode deixar de ser reconhecida como uma imperfeição tem sido, geralmente, atribuída às seguintes causas:

1 — Falta de aparelhagem laboratorial

2 — Número excessivo de alunos para cada assistente

3 — Condições económicas que não permitem que o Corpo Docente se possa dedicar cuidadosamente, ao problema do ensino.

Em resumo, estas três causas não significam senão que a pobreza nacional não permite a atribuição de verbas elevadas ao ensino, conclusão, aliás, bastante pessimista se se considerarem estas três razões como absolutamente fundamentais. Com efeito, visto que esta pobreza só pode diminuir lentamente e, mesmo assim, só mediante esforços persistentes, contínuos e bem dirigidos, afirmar a importância daquelas causas é quase o mesmo que concluir que o problema é, pràticamente, insolúvel, ou que, pelo menos, a sua resolução não poderá ser rápida e estará dependente do progresso económico do País.

Admitamos, porém, que, independentemente das possibilidades de realização, se conseguia, num dado instante, ter laboratórios bem apetrechados, professores e assistentes em quantidade suficiente e em condições de poderem dedicar, ao ensino, bastante tempo da sua vida profissional: ter-se-iam, deste modo, eliminado as causas e criado as condições para obter resultados com uma feição inteiramente nova, a não ser que essas não fossem realmente as principais e, que, portanto o problema continuasse por resolver.

Pela nossa parte temos a convicção de que se verificaria esta última hipótese, porque, efectivamente, nos parece que, mais importante do que as causas indicadas é o aspecto pedagógico da questão que, em última análise, é o factor que actua directamente no rendimento da utilização das possibilidades materiais existentes. Se o rendimento actual fosse elevado, é evidente que a solução residiria, de facto, ùnicamente, no melhoramento das condições materiais; mas para que isso se desse, o trabalho útil deveria ter um valor que se aproximasse do trabalho total, o que só seria possível se houvesse uma coordenação de esforços tendente a evitar, tanto quanto possível, o trabalho perdido.

Ora, na verdade, no curso do Instituto não há, realmente, essa coordenação e, por consequência o rendimento tem um valor inferior àquele que deveria ter. Por isso, se se conseguisse dar-lhe uma estrutura em que as partes constituintes se relacionassem e articulassem entre si de uma maneira definida e lógica, com certeza que se contribuiria para o fazer atingir aquele dinamismo que o fizesse actuar de uma maneira sensível sobre as dificuldades da vida profissional, ainda mesmo que as condições materiais do ensino não fossem as ideais, como realmente não são.

***

No caso particular da Engenharia Química, para nós o mais importante, há que

distinguir entre os problemas químicos pròpriamente ditos e problemas relativos a aparelhagem e operações básicas. Na parte que diz respeito aos primeiros, as dificuldades que aparecem, estão, em geral, no âmbito das noções adquiridas em Química Teórica, quer Orgânica quer Inorgânica, e em Mecânica Química; para os segundos, que fundamentalmente são problemas de Mecânica, de Física ou de Química-Física, há necessidade de recorrer a conhecimentos teóricos já muito distantes e, por isso, a sua resolução nem sempre é fácil, a não ser que se lance mão de livros de Tecnologia Química, com os inconvenientes imediatos do afastamento do curso a que já nos referimos.

Mas, como não se pode trabalhar na Indústria Química sem noções precisas sobre as diferentes operações industriais, tais como transporte de sólidos, de líquidos e de gases, moagem, filtração, separação de sólidos, separação de líquidos, destilação, secagem, produção e transmissão de calor, produção de vapor, absorção de gases, extracção, cristalização, etc., a segunda categoria de problemas tem para o Engenheiro Químico uma importância tão grande como os problemas pròpriamente de Química, pelo que o seu estudo tem de ser detalhado e relativamente profundo.

Pode objectar-se e, aparentemente, com uma certa razão, que para cada uma destas operações há sempre possibilidade de recorrer a construtores especializados, o que dispensa portanto que esse estudo seja feito. Este facto, porém, em nossa opinião, não exclui um conhecimento sólido sobre os assuntos, por três razões fundamentais:

1.º — Nem sempre é possível recorrer aos construtores.

2.º — Mesmo quando a aparelhagem é calculada por eles, deve haver da parte do engenheiro um certo domínio dessa aparelhagem, pela mesma razão que se torna mais consciente a consulta dos valores de uma tabela quando se tem uma ideia da maneira como esses valores foram obtidos.

3.º — O estudo desses problemas constitui pretexto para aplicar conhecimentos que devem fazer parte da cultura técnica geral, e que convém serem constantemente recordados pela sua possível utilização noutros casos, às vezes, mesmo, muito diferentes.

Dentro deste espírito e à medida que nos for possível, propomo-nos escrever alguns artigos sobre operações de Química Industrial, utilizando, como base, os conhecimentos adquiridos em cadeiras de índole teórica ou prática do Instituto e completando-os sempre que alguma descontinuidade nos apareça. Pretendemos que o estudo que vamos fazer seja tão racional quanto possível, pelo que só utilizaremos dados empíricos quando se tornar absolutamente necessário; e, como o nosso principal objectivo é fazer a aplicação prática dos elementos de cultura científica adquiridos na Escola, não nos interessa, evidentemente, entrar em pormenores de descrição que se encontram nos livros referentes a cada assunto, mas simplesmente dar o mínimo de indicações necessárias para que a leitura desses livros se faça fàcilmente e com utilidade.

Definindo, mais concretamente, a nossa orientação, vamos tentar satisfazer a dois pontos fundamentais:

1.º — Estudar tão rigorosamente quanto possível a parte teórica dos assuntos.

2.º — Estabelecer directrizes simples, que permitam a utilização rápida dos dados práticos, *mesmo que para isso, seja necessário, por vezes, fazer uma escolha um pouco arbitrária das diferentes relações ou valores aconselhados pela experiência, quando não houver possibilidade de os definir de uma maneira mais precisa.*

Mas, é claro que, deste modo, não se poderá esperar que os resultados que se obtiverem, não venham, naturalmente, afectados de certos erros; no entanto, atendendo à natureza dos problemas industriais, esses erros estarão, *em geral,* dentro das tolerâncias admitidas e, por consequência, os resultados achados poderão ser considerados como suficientemente satisfatórios, para as aplicações práticas a que se destinam.

Começaremos pelo estudo do Transporte Mecânico de Sólidos [1], estudo, aliás, muito

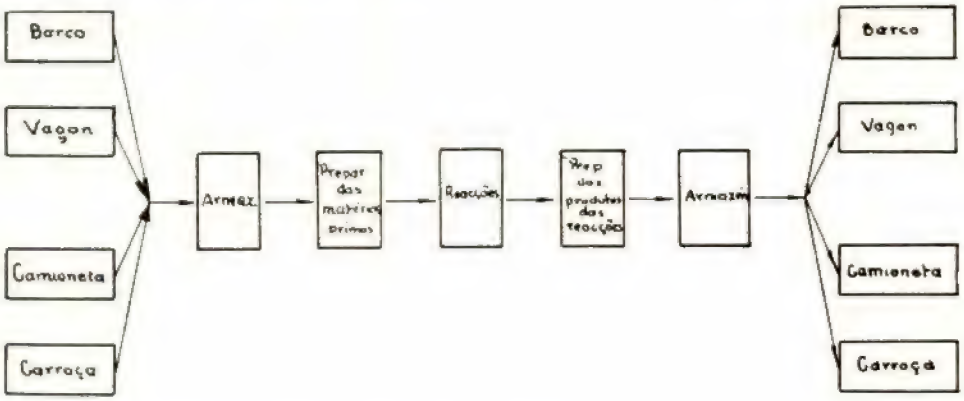
[1] Deve notar-se que este estudo é feito na cadeira de Construções e Instalações Industriais, mas com um espírito diferente do que orienta este artigo.

simples, mas que exige elementos de Cálculo Integral, Mecânica Racional (Cinemática, Estática, Dinâmica, Atrito e Hidrostática), Resistência de Materiais e Orgãos de Máquinas.

CAPÍTULO I

Generalidades

O movimento das matérias primas e produtos das reacções, dentro de uma fábrica, pode esquematizar-se do seguinte modo:



Os sistemas de transporte para o caso de produtos sólidos, podem ser mecânicos, hidráulicos e pneumáticos, dos quais, neste artigo nos limitaremos aos sistemas mecânicos.

Os transportadores mecânicos podem dividir-se em duas grandes categorias:

1.º — *Transportadores em que o mecanismo que transmite o movimento não é fixo no espaço:*

Barcos
Vagons
Vagonetas
Vagonetas aéreas
Zorras accionadas por acumuladores
Camionetas
Carroças
Carros de mão
Transportes por animais
Transportes por homens.

Nenhum destes tipos terá de ser estudado por um engenheiro químico; só interessa saber qual a força necessária para o transporte. Essa força tem os seguintes valores:

a) *Transporte por homens ou por animais:*

$$F = P,$$

sendo P o peso da carga.

b) *Transportes por carros:* [1]

$$F = P\left[\operatorname{sen}\alpha + \frac{h + f\,r_1}{r}\cos\alpha\right] = P\,(\operatorname{sen}\alpha + \varphi\cos\alpha),$$

sendo

P — Peso da carga e do carro.
α — Ângulo da direcção do movimento com o plano horizontal.
r_1 — Raio dos veios.
r — Raio das rodas.
h — Coeficiente de atrito de rolamento da roda sobre o solo ou sobre o carril.
f — Coeficiente de atrito de escorregamento dos veios sobre as chumaceiras.
φ — Coeficiente de atrito total do carro.

(Os valores de φ são dados no quadro I).

As particularidades de construção, aparecem em livros descritivos.

2.º — *Transportadores em que o mecanismo que transmite o movimento é fixo no espaço:*

a) *Transportadores descontínuos:*

Guindastes

(1) Problemas de Mecânica Racional—Atrito.

Ascensores e montacargas
Transportadores aéreos de cabo ou de carril
Pontes rolantes
Funiculares
Guinchos.

Em geral, a instalação destes transportadores é cara e é sempre feita por construtores especializados; pode interessar a sua descrição pelo que se poderão consultar livros sobre o assunto.

b) *Transportadores contínuos:*

Pertencem a três tipos principais:

— Transportadores em que o movimento é obtido por eixos horizontais perpendiculares à direcção do movimento.
— Transportadores em que o movimento é obtido por eixos horizontais ou oblíquos paralelos à direcção do movimento.
— Transportadores oscilatórios.

São estes os três tipos de transportadores mecânicos que, acidentalmente terão de ser projectados por um engenheiro químico, pelo que o seu estudo vai ser feito detalhadamente.

CAPÍTULO II

Transportadores com eixos perpendiculares à direcção do movimento

I PARTE — TEORIA

O transporte de uma partícula sólida desde o ponto A até ao ponto B [1] obtém-se por intermédio de um órgão flexível cujo movimento se realiza em torno de duas rodas, uma chamada *motora* (I) e a outra *movida* ou *tensora* (II); a primeira destina-se a transmitir o movimento e a segunda a estabelecer uma certa tensão no órgão flexível.

O conjunto das rodas e do órgão flexível admite um plano de simetria no sentido longitudinal o qual intersecta o transportador segundo o desenho esquemático da fig. 1.

O problema consiste em determinar, sendo dada a carga Q a transportar por hora (expressa em kg/h) e o ângulo α que a direcção de transporte faz com o plano horizontal, os seguintes elementos:

1 — Velocidade de transporte.
2 — Dimensões das rodas e do órgão flexível.

QUADRO I

Tipo de pavimento	φ
Vagons sobre carris	0,004 a 0,005
Vagonetas sobrecarris	0,006 a 0,008
Caminho asfaltado em bom estado	0,010
Calçada em muito bom estado	0,015
Calçada em bom estado	0,020
Calçada em mau estado	0,033
Caminho empedrado, em bom estado	0,023
Caminho empedrado, coberto de pó	0,028
Caminho empedrado, com lama	0,035
Caminho empedrado, em muito mau estado	0,050
Caminho de terra batida, em bom estado	0,045
Caminho de terra batida, em mau estado	0,080 a 0,160
Caminho de areia solta	0,150 a 0,300

NOTA: Estes valores referem-se a aros de aço; para pneus, pode adoptar-se um valor de φ compreendido entre 0,020 a 0,030 sobre caminhos asfaltados.

[1] Se o transporte se efectua de B para A a força actuante é a gravidade e o tipo de transportador usado é o transportador de rolos, A sua descrição pode ver-se em qualquer livro sobre o assunto.

3 — Potência do motor a empregar.
4 — Sistema de carga e descarga e consequente variação de potência.

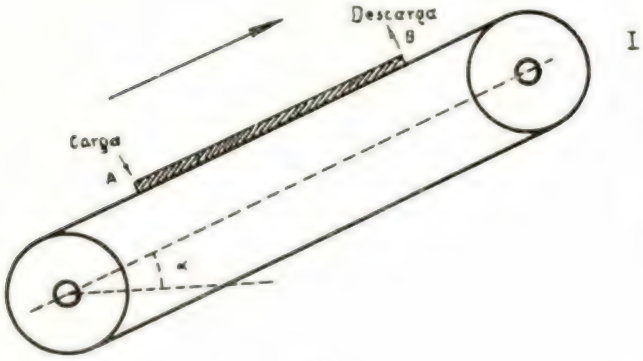


Fig. 1

Representemos por:

γ — Peso específico da carga a granel (kg/m³)
γ_1 — Peso específico do órgão flexível (kg/m³)
v — Velocidade de transporte (m/seg)
L — Comprimento percorrido pela carga (m)
L_1 — Distância entre os eixos (m)
S — Área da secção transversal da carga (m²)
S_1 — Área da secção transversal da parte do órgão flexível que recebe o esforço (m²)
e — Espessura da parte do órgão flexível que recebe o esforço (m)
h — Largura da parte do órgão flexível que recebe o esforço (m)
B — Largura do órgão flexível (m)
e_1 — Espessura da parte do órgão flexível que suporta a carga (m)
P — Peso do transportador por metro linear (kg/m)
P — Peso da carga por metro linear (kg/m)
p_1 — Peso da roda motora com o respectivo veio (kg)
p_2 — Peso da roda tensora com o respectivo veio (kg)
r — Raio das rodas (m)
l_1 — Comprimento dos veios (m)
r_1 — Raio do veio da roda motora (cm)
r_2 — Raio do veio da roda tensora (cm)
T_1 — Tensão do ramo carregado do órgão flexível junto à roda I (kg)
t_1 — Tensão do mesmo ramo junto à roda II (kg)
T_2 — Tensão do ramo descarregado junto à roda I (kg)
t_2 — Tensão do mesmo ramo junto à roda II (kg)
$\mathcal{M}$ — Momento aplicado no veio motor (kgm)
N — Potência a instalar no veio motor (CV)
N_m — Potência do motor para a instalação (CV).

Sob o ponto de vista dinâmico trata-se de um sistema de 2 sólidos ligados por um órgão flexível: estuda-se cada sólido separadamente e introduzem-se as relações que o órgão flexível estabelece entre ambos (fig. 2) (¹).

As equações do movimento de um sólido em torno de um eixo fixo, escolhendo o eixo Oz para eixo de rotação, são (²):

$$A)\begin{cases} -\omega^2 M x_1 - \dfrac{d\omega}{dt} M y_1 = \Sigma X_e + X_1 + X'_1 \\ -\omega^2 M y_1 + \dfrac{d\omega}{dt} M x_1 = \Sigma Y_e + Y_1 + Y'_1 \\ 0 = \Sigma Z_e + Z_1 + Z_2 \\ \omega^2 \Sigma m y z - \dfrac{d\omega}{dt} \Sigma m x z = L_e - c Y'_1 \\ -\omega^2 \Sigma m x z - \dfrac{d\omega}{dt} \Sigma m y z = M_e + c X'_1 \\ C \dfrac{d\omega}{dt} = N_e \end{cases}$$

em que,

ω — Velocidade angular
M — Massa do sólido
x_1, y_1, z_1 — Coordenadas do centro de gravidade

(¹) O eixo Oz é perpendicular ao plano do papel.
(²) Mecânica Racional — Dinâmica dos sólidos com um eixo fixo.

ΣX_e, ΣY_e, ΣZ_e — Componentes da resultante das forças aplicadas

L_e, M_e, N_e — Componentes do momento resultante das forças aplicadas em relação à origem

X_1, Y_1, Z_1 — Componentes da reacção na origem

sabe-se[1] que só haverá reacção no ponto O e, portanto, $R'_1 = R'_2 = 0$.

As equações da dinâmica, transformar-se-ão, portanto, nas seguintes:

$$B)\begin{cases} -\omega^2 Mx_1 - \dfrac{d\omega}{dt} My_1 = \Sigma Xe + X_1 \\ -\omega^2 My_1 + \dfrac{d\omega}{dt} Mx_1 = \Sigma Ye + Y_1 \\ C\,\dfrac{d\omega}{dt} = Ne \end{cases}$$

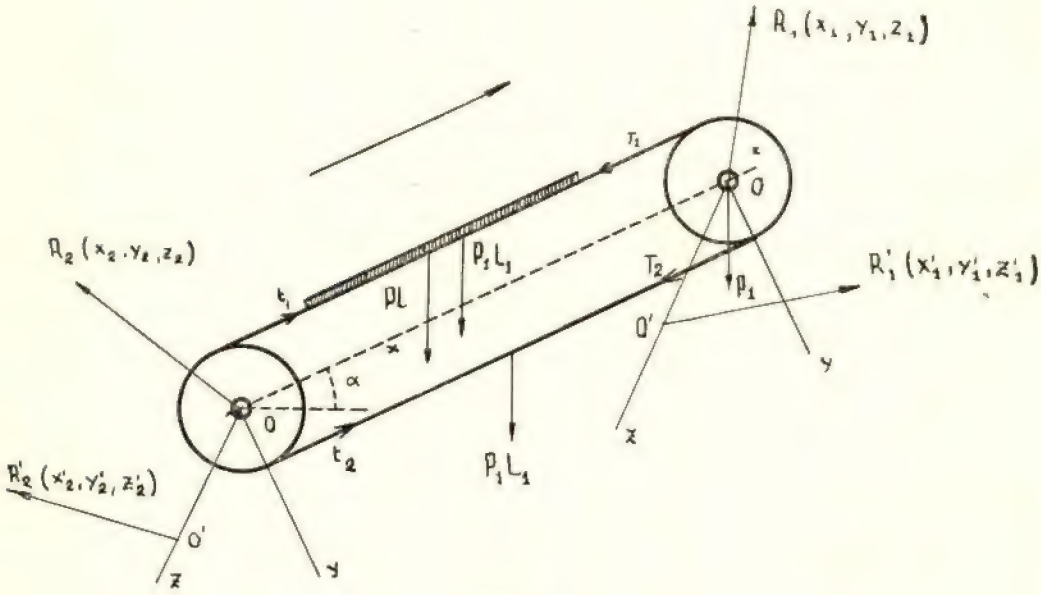


Fig. 2

X'_1, Y'_1, Z'_1 — Componentes da reacção no ponto O′ situado sobre o eixo Oz à distância c da origem

C — Momento de inércia do sólido em relação ao eixo Oz.

Deve notar-se que, no caso que estamos a considerar, as forças aplicadas são paralelas ao plano xOy e o seu momento resultante é dirigido segundo o eixo fixo Oz; por outro lado, este eixo é eixo principal de inércia em relação ao ponto O, pois $E = \Sigma m x z = O$ e $F = \Sigma m y z = O$[1] pelo facto de O existir num plano de simetria perpendicular a Oz. Nestas condições atendendo a que a equação $0 = \Sigma Ze + Z_1$, é idênticamente nula, por ser sempre $\Sigma Ze = 0$.

Para fazermos a aplicação destas equações, consideremos o problema em duas fases, o que aliás, é *sempre aconselhável na prática*.

I — Vamos considerar o órgão flexível e as rodas com massa nula e admitir que não há atritos a não ser o atrito devido à componente normal da carga no percurso entre A e B, o qual será igual a $P\,L\,\mu \cos \alpha$ [2] (fig. 3).

(1) Mecânica Racional — Momentos de inércia.

(1) Mecânica Racional — Dinâmica dos sólidos com um eixo fixo.

(2) Problemas de Mecânica Racional — Atrito.

Para distinguir as variáveis que intervêm no problema com as simplificações introduzidas, das que aparecem no problema real, vamos afectar as primeiras com uma linha excluindo como é lógico, P, L, α, Q e v, que não são alterados.

Teremos, pois, $P'_1 = 0$, $p'_1 = 0$, $p'_2 = 0$ e, portanto $M'_1 = M'_2 = 0$; por outro lado, $x'_1 = 0$, $y'_1 = 0$, $\omega' = \frac{v}{r'}$ e $\frac{d\omega'}{dt} = 0$.

As relações introduzidas pelo órgão flexível são:

$$\begin{cases} T'_1 = t'_1 + PL(\operatorname{sen}\alpha + \mu\cos\alpha) \ldots (7) \\ T'_2 = t'_2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8) \end{cases}$$

A equação (7) tem de ser transformada da seguinte maneira:

Sendo P o peso da carga por metro, Pv

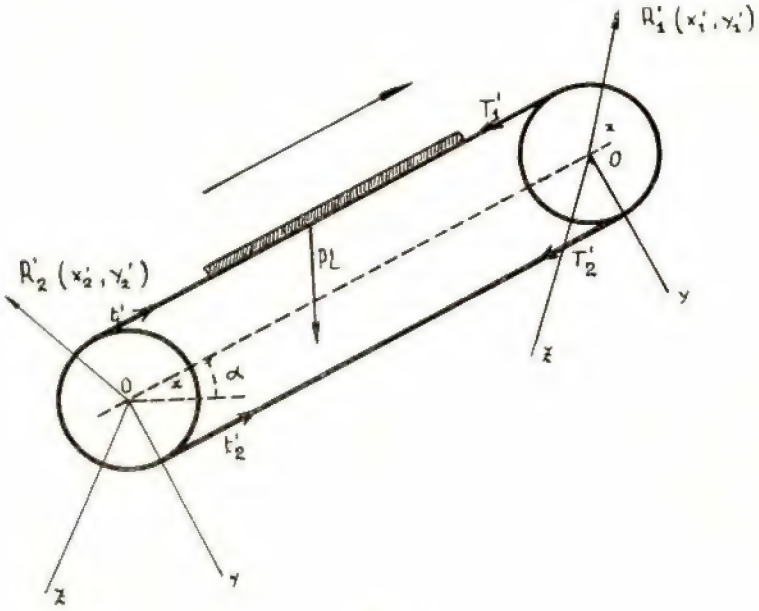


Fig. 3

As equações B) aplicadas a cada uma das rodas serão:

$$\text{Roda I} \begin{cases} 0 = -T'_1 - T'_2 + X'_1 \ldots\ldots (1) \\ 0 = Y'_1 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2) \\ 0 = -T'_1 r' + T'_2 r' + X'_1 \ldots (3) \end{cases}$$

Mas $N' = \frac{\mathfrak{M}\,\omega'}{75} = \frac{\mathfrak{M}'\,v}{75\,r'}$ ou seja $\mathfrak{M}' = \frac{75\,N'\,r'}{v}$; portanto, a equação (3) transforma-se em

$$0 = \left(-T'_1 + T'_2 + \frac{75\,N'}{v}\right) r' \ldots (3')$$

$$\text{Roda II} \begin{cases} 0 = t'_1 + t'_2 + X'_2 \ldots\ldots\ldots (4) \\ 0 = Y'_2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5) \\ 0 = t'_1\, r' - t'_2\, r' \ldots\ldots\ldots\ldots (6) \end{cases}$$

será o peso de v metros; por outro lado, a carga transportada por segundo é $\frac{Q}{3600}$, e, portanto,

$$Pv = \frac{Q}{3600}$$

Logo $PL = \frac{QL}{3600\,v}$, e a relação (7) transformar-se-á em

$$T'_1 = t'_1 + \frac{QL}{3600\,v}(\operatorname{sen}\alpha + \mu\cos\alpha) \ldots (7')$$

Obtemos assim um sistema, que designaremos por (C), de 8 equações (1), (2), (3'), (4), (5), (6), (7') e (8) a 10 incógnitas T'_1, T'_2, t'_1, t'_2, X'_1, Y'_1, X'_2, Y'_2, N' e v, o qual só poderá ser resolvido estabelecendo mais

duas relações. Na prática, estabelece-se v de acordo com a experiência e tenta-se obter uma relação entre T'_1 e T'_2.

Teremos, pois:

$$\begin{cases} v = \text{Empírico} \ldots\ldots & (9) \\ T'_1 = \Psi\,(T'_2) \ldots\ldots & (10), \end{cases}$$

e o problema fica, teòricamente, resolvido.

Deve notar-se que o variável r' não fica calculada porque desaparece das equações ($3'$) e (6).

II — Determinados estes valores aproximados que são, necessàriamente, inferiores aos valores reais, já é possível fazer um cálculo mais exacto, entrando em linha de conta com os pesos do transportador e das rodas, e com os diferentes atritos. O cálculo não é, ainda, absolutamente rigoroso porque os factores que vão ser, agora, tomados em consideração, são funções das tensões, das reacções e da potência e, portanto, serão afectados dos mesmos erros daquelas variáveis, que foram calculadas por um processo aproximado. Mas como se conhece o sentido em que actuam esses erros, há vantagem em multiplicar os resultados aproximados, já obtidos, por um factor $K > 1$ (em geral compreendido entre 1,2 e 1,5) o que permitirá obter, mais ràpidamente, a solução definitiva. Esta atingir-se-á quando a relação entre os valores que se determinarem e os valores aproximados coincidir com o valor de K que se arbitrou.

a) *Peso do órgão flexível*

O peso por metro será

$$P_1 = P_e + P_c$$

em que P_e é o peso por metro da parte que recebe o esforço e P_c da que transporta a carga.

Será

$$P_e = S_1\,\gamma_1 \ (\text{kg/m})$$

S_1 (cujo valor é $S_1 = h\,e$) é determinado pela condição de resistência à tensão maior do órgão flexível que é $K\,T'_1$.

$$P_c = B\,e_1\,\gamma_1 \ (\text{kg/m})$$

Os valores de B e e_1 são fixados de acordo com o tipo de transportador.

b) *Peso das rodas e dos veios*

O raio r é determinado por considerações que dependem dos tipos de transportador, e como o seu valor é variável dentro de certos limites pode tomar-se $r' = r$.

O raio r_1 é determinado pelas condições de resistência à torsão devida ao momento $K\,\mathfrak{M}$ e à flexão devida à reação KR'_1; o raio r_2, pelas condições de resistência à flexão devida à reacção $K\,R'_2$; e, finalmente o comprimento l_1 é $l_1 \sim B + 0^m,35$.

As restantes características das rodas são funções de r, r_1 e r_2, das tensões e das dimensões do órgão flexível; a sua determinação é diferente consoante os tipos de transportadores.

A influência destes pesos traduz-se do seguinte modo:

Quando o órgão flexível flecte sobre uma roda, constitui, constantemente um semi-anel solidário com ela, alterando, assim as coordenadas x_1 e y_1 do centro de gravidade da roda. Considerando o semi-anel como uma semi-circunferência, teremos, para cada uma das rodas:

Roda I:

$$M_1 = \frac{p_1 + \pi\,r\,P_1}{g}$$

$$G_1 \begin{cases} x_1 = \dfrac{\pi\,r\,\dfrac{P_1}{g}\,\dfrac{2\,r}{\pi}}{\dfrac{p_1}{g} + \dfrac{\pi\,r\,P_1}{g}} = \dfrac{2\,P_1\,r^2}{p_1 + \pi\,r\,P_1} \ (^1) \\ y_1 = 0 \end{cases}$$

Roda II:

$$M_2 = \frac{p_2 + \pi\,r\,P_1}{g}$$

$$G_2 \begin{cases} x_2 = -\dfrac{2\,P_1\,r^2}{p_2 + \pi\,r\,P_1} \\ y_2 = 0 \end{cases}$$

(1) Mecânica Racional — Centros de Gravidade.

Nestas condições, os termos devidos a ω no sistema B, serão:

$$\begin{cases} -\omega^2 M_1 x_1 = -\dfrac{v^2}{r^2} \cdot \dfrac{p_1 + \pi r P_1}{g} \cdot \dfrac{2 P_1 r^2}{p_1 + \pi r P_1} = \\ \qquad = -\dfrac{2 P_1 v_2}{g} \\ -\omega^2 M_1 y_1 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -\omega^2 M_2 x_2 = \dfrac{2 P_1 v^2}{g} \\ -\omega^2 M_2 y_2 = 0 \end{cases}$$

c) *Existência de atrito*

Há a considerar três categorias de atrito.

1 — *Atrito dos veios nas chumaceiras* (1).

Corresponde a forças periféricas de valores

$$F_1 = f_1 R_1 \frac{r_1}{r} = K f_1 R'_1 \frac{r_1}{r}$$

$$F_2 = f_2 R_2 \frac{r_2}{r} = K f_2 R'_2 \frac{r_2}{r}$$

Os valores de f_1 e f_2 são dados no quadro II.

regamente e rolamento e corresponde às forças indicadas no quadro III.

3 — *Atrito de enrolamento* (1).

Corresponde a forças periféricas que são fracções das tensões a que o órgão flexível está sujeito:

Quando o órgão flexível flecte sobre a roda I:

$$F_5 = \beta_1 T_1 = K\beta_1 T'_1$$

Quando o órgão flexível flecte sobre a roda II:

$$F_6 = \beta_2 t_2 = K\beta_2 t'_2$$

Quando o órgão flexível retoma a forma normal depois de passar pela roda I:

$$F_8 = \beta_4 T_2 = K\beta_4 T'_2$$

Quando o órgão flexível retoma a forma normal depois de passar pela roda II:

$$F_7 = \beta_3 t_1 = K\beta_3 t'_1$$

Os valores de β_1, β_2, β_3 e β_4 dependem dos tipos de transportadores.

Todas as forças de atrito actuam no sentido oposto ao do movimento (fig. 4).

QUADRO II

Moentes	Casquilhos	f_1 e f_2	
		Lubrificação periódica	Lubrificação contínua
Ferro fundido	Ferro fundido	0,075	0,054
Ferro fundido	Bronze	0 075	—
Ferro macio	Ferro fundido ou bronze . .	0,07	0,054
Bronze	Ferro fundido	0,09	0,045 a 0,052
Bronze	Bronze	0,10	—
Aço.	Bronze	0,08 a 0,10	0,003 a 0,03

NOTA: Em geral, os transportadores trabalham em contacto com poeiras que se introduzem entre os moentes e os casquilhos, pelo que, os coeficientes de atrito devem ser tomados com valores superiores aos indicados; em média

$f_1 = f_2 = 0{,}15$ a $0{,}20$ com lubrificação por massa
$f_1 = f_2 = 0{,}10$ a $0{,}15$ com lubrificação por óleo

2 — *Atrito do órgão flexível durante o percurso.*

Pode ser de escorregamento ou de escor-

d) *Resolução definitiva*

Com os valores achados estabelece-se o sistema D.

(1) Problemas de Mecânica Racional — Atrito.

(1) Problemas de Mecânica Racional — Atrito.

QUADRO III

Tipo de atrito	Ramo carregado	Ramo descarregado
Escorregamento	$F_3 = (P\,L + P_1\,L_1)\,f_3 \cos\alpha$	$F_4 = P_1\,L_1\,f_4 \cos\alpha$
Escorregamento e rolamento	$F_3 = (P\,L + P_1\,L_1)\,\frac{h_1 + f_1\,\rho_1}{\rho} \cos\alpha = (P\,L + P_1\,L_1)\,\varphi_1 \cos\alpha$	$F_4 = P_1\,L_1\,\frac{h_2 + f_2\,\rho_2}{\rho'} \cos\alpha = P_1\,L_1\,\varphi_2 \cos\alpha$

NOTA: Os valores de ρ e ρ', ρ_1 e ρ_2 que são os raios dos roletes intermediários e dos respectivos veios são estabelecidos empìricamente, segundo os diferentes tipos.

Os valores de φ_1 e φ_2 variam com o tipo de transportador; os de f_3 e f_4 podem ser estabelecidos de um modo geral, segundo o quadro IV.

Roda I:

$$\begin{cases} -\frac{2\,P_1\,v^2}{g} = -T_1 - T_2 - p_1 \operatorname{sen}\alpha + F_8 + X_1 & (1) \\ 0 = p_1 \cos\alpha + Y_1 \quad \ldots\ldots\ldots & (2) \\ 0 = \left(-T_1 + T_2 - F_8 + \frac{75\,N}{v}\right) r \,. & (3) \end{cases}$$

Roda II:

$$\begin{cases} \frac{2\,P_1\,v^2}{g} = t_1 + t_2 - F_7 - p_2 \operatorname{sen}\alpha + X_2 \,. \,. & (4) \\ 0 = p_2 \cos\alpha + Y_2 \,. \,. \,. \,. \,. \,. \,. \,. \,. & (5) \\ 0 = (t_1 - t_2 - F_7)\,r \,. \,. \,. \,. \,. \,. \,. \,. & (6) \end{cases}$$

Neste caso, as relações introduzidas pelo órgão flexível são:

$$\begin{cases} T_1 = t_1 + (P\,L + P_1\,L_1) \operatorname{sen}\alpha + F_1 + F_3 + F_5 & (7) \\ t_2 = T_2 - P_1\,L_1 \operatorname{sen}\alpha + F_2 + F_4 + F_6 \,. \,. & (8) \end{cases}$$

em que PL já é conhecido.

Como v já foi fixado, falta só a relação

$$T_1 = \Psi\,(T_2), \,. \,. \,. \,. \,. \,. \quad (9)$$

para que o sistema fique totalmente estabelecido.

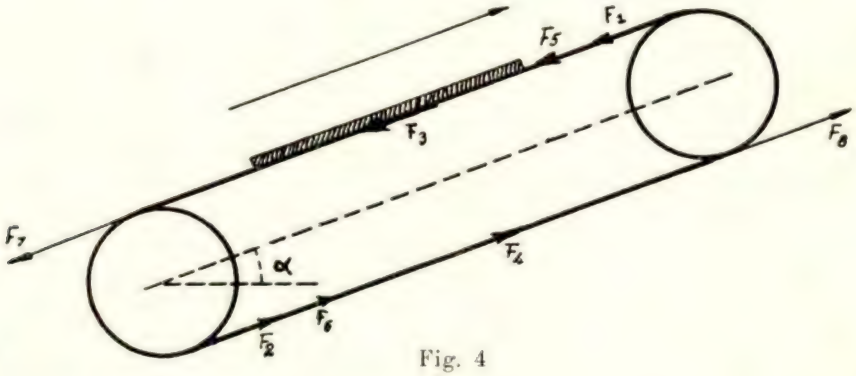


Fig. 4

QUADRO IV

Substâncias em contacto	Estado das superfícies	f_3 e f_4
Ferro fundido sobre ferro fundido	Pouco lubrificadas	0,15
	Húmidas	0,31
Ferro forjado sobre ferro fundido ou bronze.	Secas	0,18
Ferro forjado sobre ferro forjado	Secas	0,44
Bronze sobre ferro fundido	Secas	0,21
Bronze sobre ferro forjado	Pouco lubrificadas	0,16
Bronze sobre bronze	Secas	0,20

NOTA: Estes valores serão considerados em cada caso particular.

Das equações (3), (6), (7) e (8), tira-se:

$$N = \frac{v}{75}(T_1 - T_2 + F_8) = \frac{v}{75}\Big[(t_2 + F_7) + (P\,L + P_1\,L_1)\,\text{sen}\,\alpha + F_1 + F_3 + F_5 - T_2 + F_8\Big] =$$

$$= \frac{v}{75}\Big[(T_2 - P_1\,L_1\,\text{sen}\,\alpha + F_2 + F_4 + F_6 + F_7) + (P\,L + P_1\,L_1)\,\text{sen}\,\alpha + F_1 + F_3 + F_5 - T_2 + F_8\Big] =$$

$$= \frac{v}{75}\Big[P\,L\,\text{sen}\,\alpha + F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7 + F_8\Big] \quad \ldots \quad (10)$$

O sistema das equações (3), (9) e 10 dá T_1 e T_2; as equações (6) e (8) e o valor de T_2 achado, dão t_1 e t_2; finalmente X_1, Y_1, X_2 e Y_2 determinam-se a partir das equações (1), (2), (4) e (5) e dos valores já achados.

e) *Sistema de carga e descarga:*

Depende dos tipos de transportadores.

f) *Potência do motor a empregar:*

Será $$N_m = \frac{N}{\eta},$$

sendo

$\eta = 0{,}85$ a $0{,}9$ para um sistema de engrenagens simples

$\eta = 0{,}80$ a $0{,}85$ para um sistema de engrenagens duplo.

Estabelecidas as normas gerais de cálculo, resta concretizar estas equações nos casos práticos, consoante o órgão flexível é uma correia ou uma cadeia ou corrente.

II PARTE

TRANSPORTADORES DE CORREIA

A — Descrição

Neste caso, as rodas são tambores de superfície lisa, o órgão flexível é uma correia que se apoia em roletes no percurso compreendido entre os tambores e a carga cai sobre a correia que a transporta consigo (fig. 5).

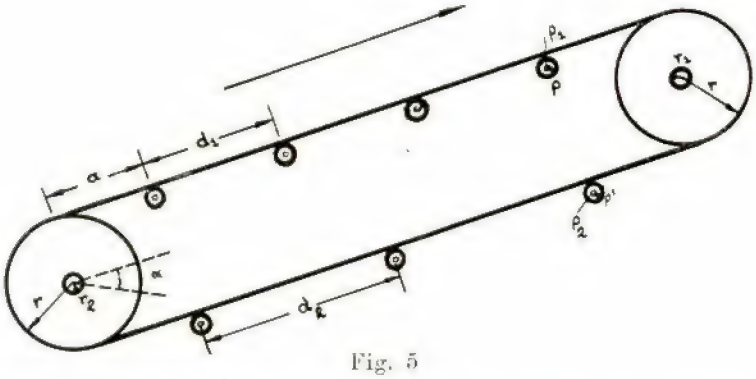


Fig. 5

A parte da correia que transporta a carga pode ser plana ou curva como se vê na secção transversal esquemática do transportador (fig. 6); o número de roletes que formam a superfície curva é tanto maior quanto maior é a largura da correia.

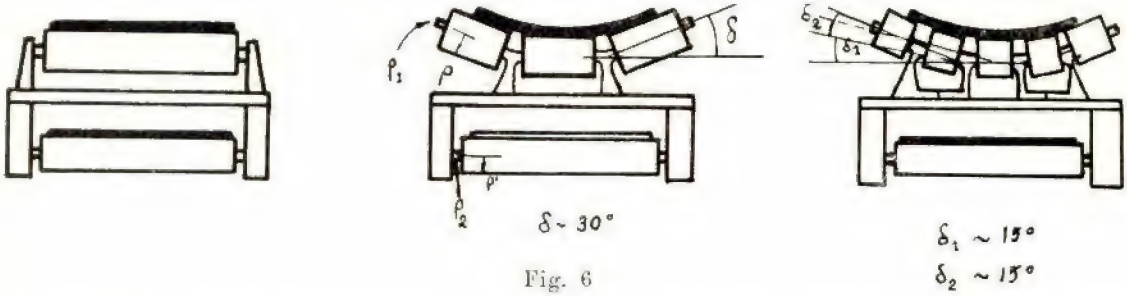


Fig. 6

Limites de aplicação e dimensões usuais destes transportadores:

$Q = 20.000$ a 100.000 kg/hora
$\alpha \leqslant 15°$ a $25°$ (ver Quadro V)

QUADRO V

Materiais a transportar	Valor máximo de α
Cimento seco	20°
Cimento húmido	15°
Argila seca e fina	23°
Argila húmida	18°
Carvão	18° a 23°
Cascalho	15° a 18°
Areia seca	15°
Areia húmida	20°
Minérios triturados	20°
Pedaços de madeira	25°

$B = h = 0{,}20$ a 2 m
$e = e_1 = 0{,}004$ a $0{,}016$ m
$r = 0{,}25$ a $0{,}40$ m
$a = 0{,}8$ a 1 m

} A determinar por cálculo

Quando o transportador é muito comprido, convém utilizar em certos pontos, roletes laterais que servem de guias (fig. 7).

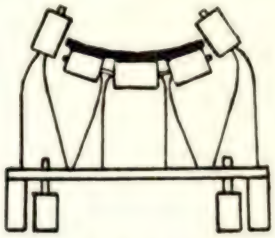


Fig. 7

A tensão na correia é obtida por meio de dispositivos tensores aplicados às chumaceiras da roda movida, dos quais há variadíssimos tipos que, fundamentalmente utilizam um peso ou um parafuso (fig. 8).

B — Cálculo

I — *Cálculo aproximado*

Comecemos por estabelecer as relações (9) e (10) do sistema (C).

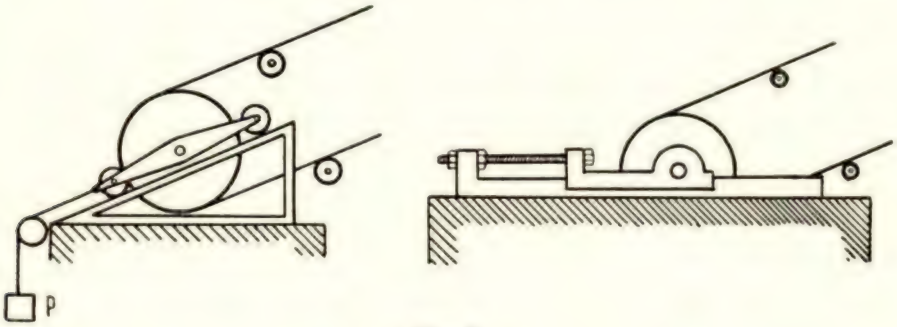


Fig. 8

$d_1 = 1{,}5$ a 3 m (para correias planas); $d_1 = 1$ a $1{,}6$ m (para correias curvas)
$d_2 = 3$ a 5 m
$\rho = 0{,}17\ B$ a $0{,}20\ B$
$\rho' = 0{,}8\rho$ a $0{,}9\rho$
$\rho_1 = (0{,}1\rho + 0{,}25$ cm) a $(0{,}1\rho + 0{,}5$ cm)
$\rho_2 = (0{,}1\rho' + 0{,}25$ cm) a $(0{,}1\rho' + 0{,}5$ cm)

A correia pode ser de cânhamo ou de algodão (para pequenas cargas e locais pouco húmidos), de coiro, borracha, balata, pêlo de camêlo ou ainda de tela metálica de ferro ou aço; usualmente, utiliza-se algodão, borracha ou algodão revestido de borracha.

a) *Valor de v.*

Os valores usados vulgarmente são dados no quadro VI.

QUADRO VI

Materiais	Velocidade em m/seg.
Partículas muito densas ($\gamma > 2T/m^3$)	2,5 a 3,5
Partículas pouco densas ($\gamma < 2T/m^3$)	2 a 3
Carvão.	1,5 a 2,5
Carvas isoladas	0,8 a 1,5
Pessoas	0,5 a 0,7

b) $T'_1 = \psi\,(T'_2)$.

Esta relação é determinada pelas condições de aderência da correia ao tambor. Sabe-se[1] que no caso estático, sendo f o coeficiente de atrito entre a correia e o tambor e α o ângulo abraçado, se tem

$$T'_1 \leqslant T'_2\, e^{f\alpha}$$

e, portanto o valor máximo de T'_1 para que haja aderência será $T'_1 = T'_2\, e^{f\alpha}$.

Para o caso dinâmico, ter-se-á de recorrer às expressões de onde a relação anterior foi deduzida e que são[2]:

$$\begin{cases} \dfrac{dT}{ds} = F_t \\[2ex] \dfrac{T}{\rho} = F_N \end{cases}$$

e adicionar-lhes os valores das forças de inércia tangencial e centrípeta:

$$\begin{cases} \dfrac{dT}{ds} = F_t - m\dfrac{dv}{dt} \\[2ex] \dfrac{T}{\rho} = F_N + \dfrac{mv^2}{\rho}, \end{cases}$$

em que m representa a massa da correia por unidade de comprimento, ou seja, $m = \dfrac{P_1}{g}$

Como v é constante, será:

$$\begin{cases} \dfrac{dT}{ds} = F_t \\[2ex] \dfrac{T}{\rho} = F_N + \dfrac{P_1 v^2}{g\rho} \end{cases}$$

E como $F_t = f\,F_N$, virá

$$\frac{dT}{ds} = \frac{f}{\rho}\left(T - \frac{P_1}{g}v^2\right)$$

Fazendo a substituição $\dfrac{1}{\rho} = \dfrac{d\theta}{ds}$ [3], vem, finalmente:

$$\int_{T_2}^{T_1} \frac{dT}{T - \dfrac{P_1}{g}v^2} = \int_0^{\alpha} f\,d\theta$$

(1) Mecânica Racional — Atrito.
(2) Mecânica Racional — Atrito.
(3) Cálculo Diferencial e Integral — Geometria Diferencial.

Portanto

$$\left(T_1 - \frac{P_1}{g}v^2\right) = \left(T_2 - \frac{P_1}{g}v^2\right) e^{f\alpha}$$

que será a relação ψ procurada.

Para $\alpha = \pi$, os valores de $e^{f\pi}$ são dados no quadro VII.

QUADRO VII

f	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35
$e^{f\pi}$	1,59	1,85	2,19	2,53	3

Como $f \sim 0{,}25$ pode tomar-se $e^{f\pi} \sim 2$; como por outro lado, se admitiu que $P_1 = 0$, será finalmente

$$T'_1 = 2\,T'_2 \quad \ldots\ldots \quad (10)$$

c) *Resolução do sistema (C):*

$$\text{Roda I}\begin{cases} 0 = -3\,T'_2 - X'_1 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1) \\ 0 = Y'_1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2) \\ 0 = -T'_2 + \dfrac{75\,N'}{v} \quad \ldots\ldots \quad (3) \end{cases}$$

$$\text{Roda II}\begin{cases} 0 = t'_1 + t'_2 + X'_2 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4) \\ 0 = Y'_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5) \\ 0 = t'_1 - t'_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6) \end{cases}$$

Relações introduzidas pela correia:

$$T'_1 = t'_1 + \frac{QL}{36000\,v}(\operatorname{sen}\alpha + \mu\cos\alpha) \quad \ldots\ldots \quad (7)$$

$$T'_2 = t'_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

Os valores de μ que correspondem a φ_1 do quadro III são dados no quadro VIII

QUADRO VIII

Tipo de lubrificação	φ_1
Massa	0,25
Óleo	0,20

Representando a expressão $\dfrac{Q\,L}{3600\,v}(\operatorname{sen}\alpha + \mu\cos\alpha)$ por F, a resolução do sistema dá

$$\begin{cases} T'_2 = t'_1 = t'_2 = F \\ T'_1 = 2F \\ R'_1 = \sqrt{X'_1 + Y'_1} = 3F \\ R'_2 = \sqrt{X'_2 + Y'_2} = 2F \\ N' = \dfrac{Fv}{75} \quad (1) \end{cases}$$

II — *Cálculo definitivo*

Pode escolher-se $K = 1,2$.

a) *Peso do órgão flexível*

Como a parte que recebe o esforço é a mesma que transporta a carga, será

$$P_1 = P_e = S_1 \gamma_1 = h e \gamma_1 = B e_1 \gamma_1$$

O valor de S_1 é dado a partir dos esforços máximos a que a correia está submetida, que são uma tracção de valor KT'_1 em todo o comprimento e a uma flexão sobre as rodas.

A fadiga de tracção é (2):

$$\sigma_t = \frac{KT'_1}{S_1}$$

A fadiga de flexão é (3):

$$\sigma_f = \frac{\delta}{D} E = \frac{e_1}{2r} E$$

A fadiga total será:

$$\sigma_T = \sigma_t + \sigma_f$$

(1) Nos livros sobre transportadores, em geral, a potência correspondente à elevação é considerada separadamente, e atribui-se-lhe o valor $N'_1 = \frac{Q\,H}{270}$. Este valor obtém-se exprimindo Q em toneladas, o que dá $F = \frac{Q\,L\,(\text{sen}\,\alpha + \mu \cos \alpha)}{3,6\,v}$; por outro lado, $L\,\text{sen}\,\alpha = H$, a força correspondente à elevação é $F_1 = \frac{Q\,H}{3,6\,v}$ e, portanto $N'_1 = \frac{Q\,H}{3,6 \,.\, 75\,v} = \frac{Q\,H}{270}$

(2) A carga por unidade de largura de uma correia não deve exceder 3,5 a 5,5 kg/cm; se exceder devem usar-se correias múltiplas de modo que, em cada uma das pregas esta limitação se verifique. Assim, uma correia de 40 cm de largura, submetida à tensão de 600 kg, terá de ser tripla (sobre o assunto ver Órgãos de Máquinas — Correias ou «La Escuela del Técnico Mecânico» — Tomo IV).

(3) Órgãos de Máquinas — Correias.

Os valores de σ_T serão uma fracção das cargas de rotura, as quais juntamente com os diferentes valores de E são dados no quadro IX.

QUADRO IX

Qualidade da correia	Carga de rotura em kg/cm²	E em kg/cm²
Cânhamo	400 a 500	—
Algodão	350 a 450	10.000 a 14.000
Coiro.	250 a 450	1.250 a 2.250
Borracha	260	—
Balata	400 a 450	9.000 a 15.000
Pêlo de camêlo. .	300	2.500 a 6.000

Determinando σ_T, como fracção da carga de rotura e σ_f em função de E, ter-se-á, por diferença a fadiga admissível para a tracção:

$$\sigma_t = \sigma_T - \sigma_f$$

É mais cómodo porém, determinar experimentalmente a fadiga admissível σ_t, cujos valores são dados no quadro X.

QUADRO X

Qualidade da correia	σ_t em kg/cm²
Cânhamo	—
Algodão	15 a 20
Coiro	20 a 30
Borracha	15 a 20
Balata	15 a 20
Pêlo de camêlo	6 a 18

Como se vê, os valores de σ_t oscilam entre dois limites, sendo os valores menores correspondentes aos valores mais elevados de σ_f, como é natural.

Mas, σ_f será tanto maior quando maior for a relação $\frac{e_1}{2\,r}$ a qual, em geral, varia entre $\frac{1}{400}$ e $\frac{1}{40}$; portanto, para valores elevados de $\frac{e_1}{2\,r}$ deverão escolher-se valores baixos de σ_t. Deve notar-se que, enquanto e_1 não está determinado, devem utilizar-se os valores menores de σ_t.

Ter-se-á portanto

$$S_1 = \frac{KT'_1}{\sigma_t}$$

Como $S_1 = B\,e_1$, falta determinar B e e_1.

Admite-se para a determinação de B que a correia é plana, que a secção da carga é parabólica de altura igual a $\frac{1}{12}$ da base e que esta é igual 0,9 da largura da correia diminuída de 5 centímetros (fig. 9).

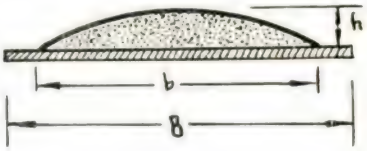


Fig. 9

Será portanto [1]

$$S = \frac{2}{3}\,bh = \frac{1}{18}\,b^2 = \frac{(0{,}9\,B - 0{,}05)^2}{18}, \text{ ou}$$

$$B \sim \left(4{,}7\sqrt{S} + 0{,}05\right) \text{ metros}^{(2)}, \text{ em que}$$

$$S = \frac{P}{\gamma} = \frac{Q}{3600\,v\,\gamma}$$

Finalmente, $e_1 = \frac{S_1}{B}$

Determinado e_1, verifica-se o valor de $\frac{e_1}{2\,r}$ [sendo $r \sim (0{,}25 + 0{,}015\ N')$ metros, como se verá na alínea b]; se este valor for elevado mantém-se o valor de σ_t escolhido, se for baixo pode escolher-se σ_t superior.

(1) Cálculo Diferencial e Integral — Áreas planas.

(2) Mesmo quando a superfície da correia é curva não convém escolher B inferior este valor.

Finalmente com os valores de γ_1 do quadro XI, determina-se $P_1 = B\,e_1\,\gamma_1$.

QUADRO XI

Qualidade da correia	γ_1 em T/m³
Cânhamo	750 a 800
Algodão	750 a 1.100
Coiro	850 a 1.040
Borracha	930 a 970
Balata	950 a 1.100
Pêlo de camêlo	1.100

b) *Peso das rodas e dos veios*

Comprimento dos veios:

$$l_1 \sim B + 0{,}35 \sim \left(4{,}7\sqrt{S} + 0{,}4\right) \text{ metros}$$

Raios r_1 e r:

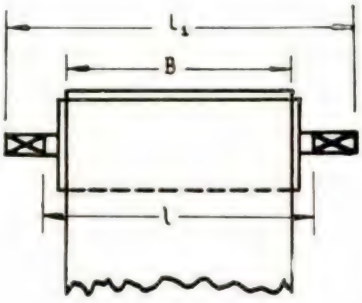
A fadiga de uma secção circular a esforços combinados de flexão e torsão é [1]:

$$f_1 = \frac{v}{I}\left[\frac{3}{8}\,M_1 + \frac{5}{8}\sqrt{M_1^2 + M_t^2}\right] =$$

$$= \frac{1}{2\,\pi\,r_1^3}\left[3\,M_1 + 5\sqrt{M_1^2 + M_t^2}\right],$$

em que M_1 representa o momento de flexão e M_t o momento de torsão.

Para efeitos de flexão, a carga KR'_1 pode supor-se uniformemente distribuída (fig. 10).



$l \sim (l_1 - 0{,}20) \sim \left(4{,}7\sqrt{S} + 0{,}2\right)$ metros

Fig. 10

O momento flector máximo será [2]

$$M_1 = \frac{pl^2}{8} = \frac{1}{8}\,.\,pl\,.\,l = \frac{KR'_1\,l}{8} = \frac{3\,K\,Fl}{8}$$

(1) Resistência de Materiais — Flexão e torsão.

(2) Resistência de Materiais — Flexão.

O momento de torsão M_t é [1]

$$M_t = 716{,}2 \frac{N}{n} = \frac{716{,}2\ N}{\frac{60\ v}{2\ \pi\ r}} = \frac{75\ N\ r}{v} =$$

$$= \frac{75\ KN'r}{v} = K\ F\ r$$

Portanto,

$$f_1 = \frac{K\ F}{16\ \pi\ r_1^3} \left[9\ l + 5\sqrt{9\ l^2 + 64\ r^2}\right],$$

ou

$$r_1 = \sqrt[3]{\frac{K\ F\ (9\ l + 5\sqrt{9\ l^2 + 64\ r^2})}{16\ \pi\ f_1}}\ (^2)$$

$$(f_1 = 1000\ kg/cm^2)$$

Desta expressão se conclui que r_1 será tanto menor quanto menor for r e por isso haverá vantagem em que r seja pequeno; mas por outro lado, para diminuir a fadiga de flexão na correia, convém que r seja grande. Na prática usa-se o valor médio

$$r = (0{,}25 + 0{,}015\ .\ KN') \text{ metros a}$$
$$(0{,}25 + 0{,}020\ K\ N') \text{ metros}\ (^3)$$

(1) Resistência de Materiais — Torsão.

(2) Esta fórmula refere-se ao caso em que M_1 e M_t não estão sujeitos a variações, o que não se verifica no caso dos transportadores, em que há variações mais ou menos bruscas. Por isso, devem afectar-se M_1 e M_t, respectivamente dos coeficientes k_1 e k_t (factores de serviço) que variam com as condições de trabalho e cujos valores são dados no quadro seguinte:

Modo de aplicação da carga	Factores de serviço	
	k_1	k_t
Gradualmente	1,5	1,0
Súbitamente mas com pequenos choques	1,5 a 2,0	1,0 a 1,5
Súbitamente e com grandes choques	2,0 a 2,5	1,5 a 2,5

Nestas condições, a fórmula de resistência será

$$f_1 = \frac{1}{2\ \pi\ r_1^3} \left[3\ k_1\ M_1 + 5\sqrt{k_1^2\ M_1^2 + k_t^2\ M_t^2}\right],$$

ou

$$r_1 = \sqrt[3]{\frac{K\ F\ (9\ k_1\ l + 5\sqrt{9\ k_1^2\ l^2 + 64\ k_t^2\ r^2}}{16\ \pi\ f_1}}$$

É esta a expressão que deverá ser sempre usada.

(3) As vezes, especialmente em transportadores móveis r é inferior a estes limites.

Raio r_2:

O veio está sujeito à flexão devida a uma carga uniformemente distribuída de valor total KR'_2.

$$M_2 = \frac{p\ l^2}{8} = \frac{K\ R'_2\ l}{8} = \frac{K\ F\ l}{4}$$

A fadiga de flexão será

$$f_2 = \frac{v}{I} M_2 = \frac{4}{\pi\ r_2^3} \cdot \frac{K\ F\ l}{4},$$

ou

$$r_2 = \sqrt[3]{\frac{K\ F\ l}{\pi\ f_2}}\ (^1) \qquad (f_2 = 1000\ kg/cm^2)$$

Os pesos dos veios serão calculados em função de l_1, r_1, r e r_3.

Para calcular os pesos dos tambores é preciso conhecer as suas dimensões [2], que são as indicadas (fig. 11):

Largura do rasto:

$B_1 \sim 1{,}1\ B + 2$ cm

Espessura de rasto:

$s \sim 0{,}01\ r + 0{,}2$ cm a $0{,}01\ r + 0{,}3$ cm

A espessura s_1 é determinada pela fundição.

Largura do cubo:

$B_2 \sim B_1$, mas sendo sempre $B_2 \geqslant 1{,}4\ d$ a $1{,}5\ d$

Diâmetro exterior do cubo:

$D = 1{,}7\ d$ a $2\ d$

Os raios são tronco-cónicos de secção elíptica.

Número de raios:

$i = \frac{1}{7}\sqrt{2\ r}$, sendo sempre $i \geqslant 4$

(1) M_2 deverá ser afastado do coeficiente k_1 e, portanto,

$$r_2 = \sqrt[3]{\frac{k_1\ K\ F\ l}{\pi\ f_2}}$$

(2) Órgãos de máquinas — Tambores para correias.

Eixo maior da secção maior do raio:

$$h = 3\sqrt[3]{\frac{F_t\, r}{2\, i}}, \text{ em que } F_t = T_1 - T_2 = K(T'_1 - T'_2)$$

Eixo menor da secção menor do raio:

$$h_1 = \frac{4}{5}\, h$$

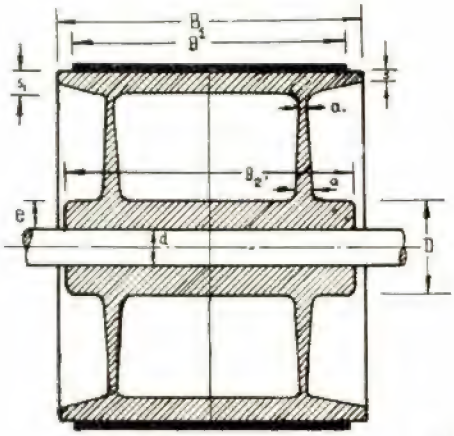


Fig. 11

Eixo menor da secção maior do raio:

$$a = 0{,}4 \text{ a } 0{,}5\, h$$

Eixo menor da secção menor do raio:

$$a_1 = \frac{4}{5}\, a$$

Com estes dados calcula-se os pesos aproximados dos tambores, os quais somados com os pesos dos respectivos veios dão p_1 e p_2 (1).

c) *Atritos:*

1 — *Atrito dos veios nas chumaceiras:*

$$F_1 = 3\, K\, f_1\, F\, \frac{r_1}{r}$$

$$F_2 = 2\, K\, f_2\, F\, \frac{r_2}{r},$$

em que f_1 e f_2 têm os valores indicados na nota do quadro II.

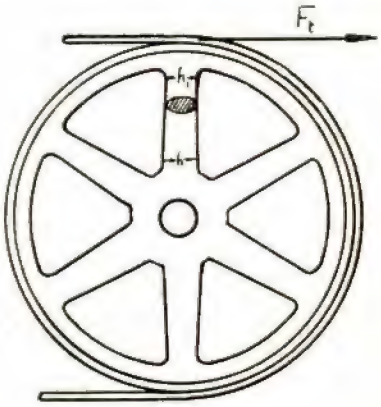
(1) Deve notar-se que a forma definitiva dos tambores é fixada pelas oficinas; as dimensões achadas só teem interesse para darem uma ideia aproximada do peso.

2 — *Atrito do órgão flexível durante o percurso.*

Usar-se-á $\varphi_1 = \varphi_2 = \mu$ (ver quadro VIII).

3 — *Atrito de enrolamento.*

Como se sabe (1) a rigidez da correia traduz-se num afastamento do centro da roda,



no lado onde enrola e numa aproximação no lado onde desenrola (fig. 12).

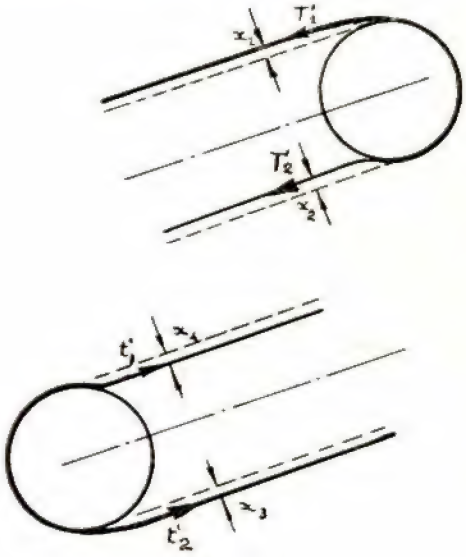


Fig. 12

Por este facto a equação 3' do sistema C sofre a seguinte alteração:

$$-T'_1\,(r + x_1) + T'_2\,(r - x_2) + \frac{75\, N r}{v} = 0$$

(1) Problemas de Mecânica Racional — Atrito.

e, portanto

$$N = \frac{v}{75}\left[(T'_1 - T'_2) + \frac{x_1}{r}T'_1 + \frac{x_2}{r}T'_2\right],$$

de onde se conclui que

$$\begin{cases} F_5 = \dfrac{K\,x_1\,T'_1}{r} = \dfrac{2\,K\,x_1}{r}\,F \\[2ex] F_8 = \dfrac{K\,x_2\,T'_2}{r} = \dfrac{K\,x_2}{r}\,F \end{cases}$$

Do mesmo modo, a equação (6) será

$$t_1\,(r - x_4) - t_2\,(r + x_3) = 0$$

ou

$$t_1 = t_2 + \frac{x_4}{r}\,t_1 + \frac{x_3}{r}\,t_2$$

Então

$$\begin{cases} F_6 = \dfrac{K\,x_3\,t'_2}{r} = \dfrac{K\,x_3}{r}\,F \\[2ex] F_7 = \dfrac{K\,x_4\,t'_1}{r} = \dfrac{K\,x_4}{r}\,F \end{cases}$$

Deve notar-se que nos problemas vulgares de Mecânica Racional sobre resistência ao enrolamento se trata em geral de cabos, para os quais é possível admitir que $x_1 = x_2 = x_3 = x_4 = x$ e que este valor comum se pode exprimir em função do diâmetro de cabo. Para correias, nem é lícito atribuir para os quatro desvios o mesmo valor, nem eles se podem exprimir fàcilmente nas dimensões; no entanto, Georg von Hanffstengel (1) estabeleceu fórmulas válidas para determinados tipos de correia de espessuras dadas que dão a resistência *total* de enrolamento sobre um tambor em função da carga q por centímetro quadro (sendo $q < 10$ kg/cm²), da largura da carreia B, do diâmetro do tambor D e da velocidade v (sendo $1{,}5 < v < 4$ m/seg)

Aproximadamente, mas com aproximação suficiente para os casos correntes, podem admitir-se as seguintes expressões:

$$\begin{cases} F_5 = \dfrac{1}{r}\,(a + K\,b_1\,T'_1) \\[2ex] F_8 = \dfrac{1}{r}\,(a + K\,b_1\,T'_2) \end{cases}$$

e

$$\begin{cases} F_6 = \dfrac{1}{r}\,(a + K\,b_2\,t'_2) \\[2ex] F_7 = \dfrac{1}{r}\,(a + K\,b_2\,t'_1) \end{cases}$$

Considerando o caso mais desfavorável de $v = 4$ m/seg, fazendo $q = \dfrac{kT'_1}{Be_1} \times 10^{-4}$ (2), estendendo a validade das fórmulas para valores de q mesmo superiores a 10 kg/cm₂ e atendendo a que $T'_1 = 2\,T'_2$ e $t'_1 = t'_2$, podem tornar-se para a, b_1 e b_2 os valores do quadro XII.

QUADRO XII

Qualidade da correia	a (em kg m)	b (em m)	b_2 (em m)
Borracha	$2{,}7 \times 10^{-3}\,B\,e_1^{5/2}$	$6 \times 10^{-4}\,e_1^{3/2}$	$4{,}5 \times 10^{-4}\,e_1^{3/2}$
Balata	$2{,}3 \times 10^{-3}\,B\,e_1^{5/2}$	$5{,}5 \times 10^{-4}\,e_1^{3/2}$	$4{,}1 \times 10^{-4}\,e_1^{3/2}$
Cânhamo	$1{,}6 \times 10^{-3}\,B\,e_1^{5/2}$	$3{,}7 \times 10^{-4}\,e_1^{3/2}$	$2{,}8 \times 10^{-4}\,e_1^{3/2}$

NOTA: Nestas expressões e_1 *é expresso em milímetros.*

Finalmente será:

$$\begin{cases} F_5 = \dfrac{1}{r}\,(a + 2\,K\,b_1\,F) \\[2ex] F_8 = \dfrac{1}{r}\,(a + K\,b_1\,F) \end{cases}$$

(1) «Etude Theórique et Pratique sur le Transport et la Manutention Mécaniques des Matériaux et Marchandises», tradução francesa da 3.ª edição alemã, tomo I, pág. 122.
(2) o factor 10^{-4} aparece para q ser dado em kg/cm², sendo B e e_1 expressos em metros.

$$\begin{cases} F_6 = \dfrac{1}{r}(a + K\, b_2 F) \\ F_7 = \dfrac{1}{r}(a + K\, b_2\, F) \end{cases}$$

d) *Resolução definitiva.*

1 — *Estabelecimento de relação* $T_1 = \Psi\,(T_2)$.

Como se viu a relação $T_1 = \Psi\,(T_2)$ é

$$\left(T_1 - \frac{P_1}{g} v^2\right) = \left(T_2 - \frac{P_1}{g} v^2\right) e^{f\pi}$$

em que o valor de $e^{f\pi}$ é variável entre 1,5 e 3 aproximadamente. Esta variação é consequência dos diferentes factores que actuam no valor de f: grau de lubrificação, humidade, rugosidade das superfícies de contacto da correia e do tambor.

Por isso, não é possível estabelecer um valor rigoroso para f; nessas condições, convém considerar um caso pouco favorável, isto é, atribuir-lhe um valor pouco elevado; a prática aconselha o uso de $e^{f\pi} = 2$ e, portanto

$$T_1 - \frac{P_1 v^2}{g} = 2\left(T_2 - \frac{P_1 v^2}{g}\right)$$

ou

$$T_1 = 2\,T_2 - \frac{P_1 v^2}{g}\,,$$

que será a equação (9) do sistema D, a qual juntamente com as restantes resolve o problema.

2 — *Resolução*

O sistema das equações (3) (9) e (10), dá:

$$N = \frac{v}{75}\left\{ F\left[1 + \frac{K}{r}(3\, f_1\, r_1 + 2\, f_1\, r_2 + 3\, b_1 + 2\, b_2)\right] + \frac{4\,a}{r} + 2\, P_1\, L_1\, \varphi_1 \cos\alpha \right\}$$

$$T_2 = F\left[1 + \frac{K}{r}(3\, f_1\, r_1 + 2\, f_1\, r_2 + 2\, b_1 + 2\, b_2)\right] + \frac{3\,a}{r} + 2\, P_1\, L_1\, \varphi_1 \cos\alpha + \frac{P_1 v^2}{g}$$

$$T_1 = 2\,F\left[1 + \frac{K}{r}(3\, f_1\, r_1 + 2\, f_1\, r_2 + 2\, b_1 + 2\, b_2)\right] + \frac{6\,a}{r} + 4\, P_1\, L_1\, \varphi_1 \cos\alpha + \frac{P_1 v^2}{g}$$

As equações (6) e (8) dão:

$$t_2 = F\left[1 + \frac{K}{r}(3\, f_1\, r_1 + 4\, f_1\, r_2 + 2\, b_1 + 3\, b_2)\right] + \frac{4\,a}{r} + 3\, P_1\, L_1\, \varphi_1 \cos\alpha - P_1\, L_1 \operatorname{sen}\alpha + \frac{P_1 v^2}{g}$$

$$t_1 = F\left[1 + \frac{K}{r}(3\, f_1\, r_1 + 4\, f_1\, r_2 + 2\, b_1 + 4\, b_2)\right] + \frac{5\,a}{r} + 3\, P_1\, L_1\, \varphi_1 \cos\alpha - P_1\, L_1 \operatorname{sen}\alpha + \frac{P_1 v^2}{g}$$

Finalmente, as componentes das reações são:

$$X_1 = 3F\left[1 + \frac{K}{r}\left(3\, f_1\, r_1 + 2\, f_1\, r_2 + \frac{5\, b_1}{3} + 2\, b_2\right)\right] + \frac{8\,a}{r} + 6\, P_1\, L_1 \cos\alpha + p_1 \operatorname{sen}\alpha$$

$$Y_1 = -\, p_1 \cos\alpha$$

$$\text{e} \quad R_1 = \sqrt{X_1^2 + Y_1^2}$$

$$-X_2 = 2F\left[1 + \frac{K}{r}(3\, f_1\, r_1 + 4\, f_1\, r_2 + 2\, b_1 + 3\, b_2)\right] + \frac{8\,a}{r} + 6 P_1\, L_1\, \varphi_1 \cos\alpha - 2\, P_1\, L_1 \operatorname{sen}\alpha - p_2 \operatorname{sen}\alpha$$

$$Y_2 = -\, p_2 \cos\alpha$$

$$\text{e} \quad R_2 = \sqrt{X_2^2 + Y_2^2}$$

Resta verificar se o valor de K arbitrado é exacto.

e) *Tensão inicial*

Não se fez até agora nenhuma referência à tensão a estabelecer pelo tensor, quando o transportador está em repouso, para que em movimento se possam verificar as tensões, T_1, T_2, t_1 e t_2, porque não interessava para o problema dinâmico; mas para a aplicação

prática já é preciso considerá-la, afim de lhe atribuir menor valor possível.

Seja t_0 à tensão de repouso, junto à roda tensora (fig. 13).

As tensões em secções quaisquer G e G' serão respectivamente, em cada um dos casos da figura:

$$t = t_0 + P_1 l (\operatorname{sen} \alpha - \varphi_1 \cos \alpha)$$

$$t' = t_1 + P_1 l (\operatorname{sen} \alpha + \varphi_1 \cos \alpha) + P (l - L_2) (\operatorname{sen} \alpha + \varphi_1 \cos \alpha)$$

$$t'' = t_0 + P_1 l (\operatorname{sen} \alpha - \varphi_2 \cos \alpha)$$

$$t''' = t_2 + P_1 l (\operatorname{sen} \alpha - \varphi_2 \cos \alpha) - F_2 - F_6$$

Pela lei de Hook[1], sabe-se que

$$\triangle_1 = \frac{Fl}{E} \quad \text{ou} \quad d\triangle_1 = \frac{F\,dl}{E}$$

Em movimento abstraindo das forças de atrito F_1, F_2, F_5, F_6, F_7 e F_8, será:

$$\triangle'_1 = \frac{1}{E}\left\{\int_0^{L_1}\left[t_1 + P_1 l (\operatorname{sen} \alpha + \varphi_1 \cos \alpha)\right] dl + \int_{L_2}^{L+L_2} P (l - L_2) (\operatorname{sen} \alpha + \varphi_1 \cos \alpha)\, dl + \int_0^{L_1}\left[t_2 + P_1 l (\operatorname{sen} \alpha - \varphi_1 \cos \alpha)\right] dl\right\} =$$

$$= \frac{1}{E}\left[(t_1 + t_2) L_1 + \left(\frac{P_1 L_1^2}{2} + \frac{PL^2}{2}\right)(\operatorname{sen} \alpha + \varphi_1 \cos \alpha) + \frac{P_1 L_1^2}{2} (\operatorname{sen} \alpha - \varphi_1 \cos \alpha)\right]$$

O comprimento total da correia mantém-se constante e, por isso, os alongamentos

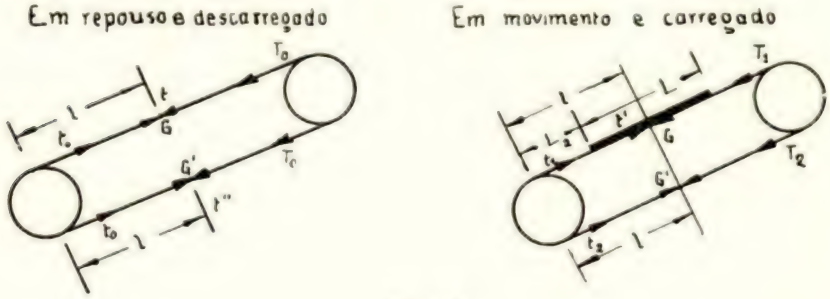


Fig. 13

Portanto $$\triangle_1 = \int_{l_1}^{l_2} \frac{F\,dl}{E}$$

Sendo assim, o alongamento total em repouso devido à tensão inicial t_0 será:

$$\triangle_1 = \frac{1}{E}\int_0^{L_1} t\,dl + \frac{1}{E}\int_0^{L_1} t''\,dl = \frac{2}{E}\int_0^{L_1}\left[t_0 + P_1 l (\operatorname{sen} \alpha - \varphi_1 \cos \alpha)\right]^{(2)} dl =$$

$$= \frac{2 t_0 L_1 + P_1 L_1^2 (\operatorname{sen} \alpha - \varphi_1 \cos \alpha)}{E}$$

totais $\triangle_1$ e $\triangle'_1$ serão iguais. Exprimindo t_1 em funções de t_2 (equação 6 do sistema D), da equação $\triangle_1 = \triangle'_1$ pode tirar-se t_0 em função de t_2.

Na prática, porém, não há nenhum interesse em determinar o valor exacto de t_0, visto que esta tensão não é medida, mas regulada de modo a manter a aderência suficiente; deve, contudo ter-se uma ideia da ordem de grandeza do seu valor, afim de saber actuar sobre as tensões em movimento por meio da tensão em repouso.

Façamos $P_1 = 0$; nestas condições

$$\triangle_1 = \frac{2 t_0 L_1}{E}$$

(1) Resistência de Materiais; (2) Porque $\varphi_1 = \varphi_2$.

$$\triangle_1^1 = \frac{2\,t_1 L_1 + \frac{L}{2} \cdot PL\,(\operatorname{sen}\alpha + \varphi_1 \cos\alpha)}{E} =$$

$$= \frac{2\,t_1 L_1 + \frac{FL}{2}}{E}$$

A equação $\triangle_1 = \triangle_1^1$, será:

$$2\,t_0 L_1 = 2\,t_1 L_1 + \frac{FL}{2}$$

Portanto,

$$t_0 = t_1 + \frac{FL}{4\,L_1}$$

Como, em geral, $L \sim L_1$, será

$$t_0 = t_1 + \frac{F}{4}$$

Quere dizer, que t_0 varia no mesmo sentido de t_1; como, por outro lado, $t_1 \sim T_2$, para que t_0 diminua, mantendo-se T_1 constante terá de diminuir T_2, e portanto, na relação $T_1 \sim e^{f\alpha}\,T_2$, $e^{f\alpha}$ terá de aumentar, o que se conseguirá aumentando f ou α.

Obtém-se um aumento de f revestindo o tambor com borracha para aumentar a aderência, embora como é natural não se consiga aumentar muito o valor de $e^{f\pi}$.

Pelo contrário, o aumento de α é mais útil porque, fazendo enrolar a correia sobre vários tambores sucessivos se consegue aumentar o valor de α tanto quanto se queira (fig. 14).

De um modo geral, se se intercalarem n tambores, será aproximadamente

$$e^{f\alpha} = \left(e^{f\pi}\right)^{n+1} \sim 2^{n+1}$$

Sendo assim,

$$T_1 \sim 2^{n+1}\,T_2\,,$$

$$T_2 \sim \frac{T_1}{2^{n+1}} \sim t_1$$

e portanto,

$$t_0 \sim \frac{T_1}{2^{n+1}} + \frac{F}{4}$$

O número n não pode ser determinado; o que em geral, se faz, é construir o transportador só com dois tambores; se for difícil manter a aderência, montar um grupo de dois (A e B), e se for necessário montar outros grupos

Se se pretender fazer o cálculo, com mais de dois tambores utiliza-se para a relação $T'_1 = \Psi\,(T'_2)$ do sistema C, o valor

$$T'_1 = 2^{n+1}\,T'_2 \;.\;.\;.\;.\;.\;. \quad (9)$$

resolve-se o sistema mantendo todas as outras equações e calculam-se todas as dimensões em função dos resultados obtidos.

Para o sistema D, ter-se-á de fazer entrar nos cálculos além dos atritos já considera-

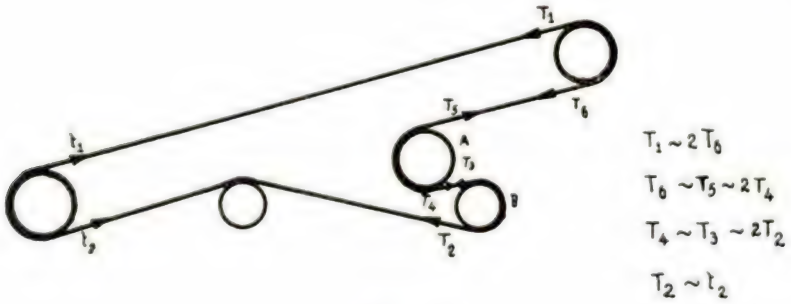


Fig. 14

A introdução dos dois tambores A e B equivaleu aproximadamente a fazer variar o ângulo abraçado de π para 3π e, portanto

$$e^{f\alpha} = e^{3f\pi} = \left(e^{f\pi}\right)^3 \sim 2^3$$

dos, os atritos nos veios dos tambores auxiliares e das resistências de enrolamento sobre esses tambores sendo estas do tipo

$$F_i = \frac{1}{r}\,(a + b_i\,T_i)$$

a relação

$$T_1 = \Psi\,(T_2)$$

$$T_1 = 2^{n+1} \,.\, T_2 - (2^{n+1} - 1)\,\frac{P_1\,v^2}{g} \quad . \; . \; . \quad (9)$$

Todas as restantes equações do sistema se mantêm [1]

Carga e descarga:

1 — *Carga:*

Para evitar o desgaste da correia no ponto em que é carregada, a velocidade do produto na tremonha de carga deve ser sensìvelmente igual à velocidade da correia, para o que se usam dispositivos variados. Esquemàticamente, será (fig. 15):

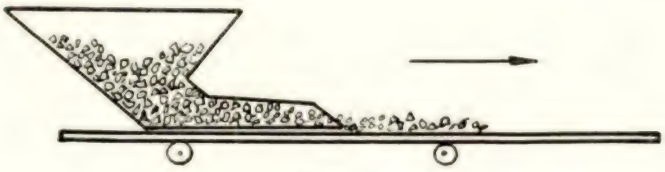


Fig. 15

2 — *Descarga:*

A descarga pode fazer-se na extremidade da correia, o que não exige nenhum dispositivo especial ou num ponto intermédio. Neste caso podem usar-se vários dispositivos:

I — Um anteparo fazendo um ângulo diferente de 90° com a direcção do movimento (fig. 16).

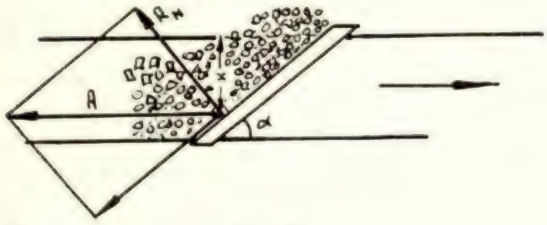


Fig. 16

A potência necessária para a descarga pode calcular-se do seguinte modo:

Seja uma partícula de massa dm à distância x do ponto de descarga.

O trabalho total necessário para a descarregar compõe-se de duas partes.

1 — Trabalho para a fazer percorrer a distância x:

$$d\,\tau_1 = \mu\, g\, dm \,.\, x\,,$$

sendo μ o coeficiente de atrito da partícula sobre a correia.

2 — Trabalho devido ao atrito ao longo do anteparo:

$$d\,\tau_2 = R_N\, \mu_1\, \frac{x}{\operatorname{sen}\alpha}\,,$$

sendo μ_1 o coeficiente de atrito sobre o anteparo [1].

Mas R_N é a componente normal da resistência R da partícula ao movimento, em que

$$R = \mu\, g\, dm\,,$$

e

$$R_N = \mu\, g\, dm \,.\, \operatorname{sen}\alpha$$

Portanto

$$d\,\tau_2 = \mu\, g\, dm \operatorname{sen}\alpha \,.\, \mu_1\, \frac{x}{\operatorname{sen}\alpha} = \mu\, \mu_1\, g\, dm \,.\, x$$

O trabalho total será, pois,

$$d\,\tau = d\,\tau_1 + d\,\tau_2 = \mu\, g\, dm\, (1 + \mu_1)\, x\,.$$

Mas $dm = \rho\, dx$, sendo ρ a densidade por unidade de largura.

Portanto

$$d\,\tau = \mu\, g\, \rho\, (1 + \mu_1)\, x\, dx\,,$$

---

(1) A equação (8) não se manterá evidentemente, porque o termo $P_1\, L_1$ sen α não é exacto; mas o erro introduzido considerando o ramo descendente, como no caso de dois tambores é desprezível.

(1) O trabalho para transportar a partícula no sentido longitudinal já está incluído no cálculo do transportador.

e

$$\tau = \mu g \rho (1 + \mu_1) \int_0^B x\,dx = \mu g \rho (1 + \mu_1) \frac{B^2}{2}$$

Mas

$$\rho B g = P;$$

logo

$$\tau = \mu (1 + \mu_1) \frac{B}{2} \text{ (kgm)}$$

sobre um lado e fazer a descarga lateralmente.

III — Adaptando um carro de descarga (fig. 17).

É este o processo mais usado.

Deve notar-se que se deve contar com a resistência de enrolamento nos dois tambores do carro e com a potência necessária

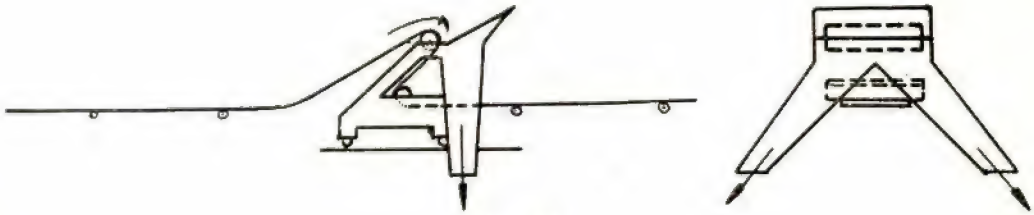


Fig. 17

Além das resistências consideradas, há, ainda, a resistência interna da massa e a de escorregamento na própria direcção do momento; estas resistências exprimem-se multiplicando o resultado achado por um factor de correcção Θ.

A carga descarregada por segundo é

$$P_v = \frac{Q}{3600}$$

e, então, a potência para a descarga será

$$N_c = \frac{1}{75} \Theta \mu (1 + \mu_1) \frac{B}{2} \frac{Q}{3600} \text{ (H P.)}$$

ou

$$N_c = \frac{\Theta \mu (1 + \mu_1) B Q}{540000}$$

Como os coeficientes que intervêm não podem ser determinados com exactidão, podem atribuir-se-lhe os valores médios seguintes:

$$\Theta = 2$$

$$\mu = \mu_1 = 0{,}6$$

II — Colocando alguns roletes inclinados de modo a obrigar a correia a descaír para a elevação da carga desde o nível de transporte até ao tambor superior.

g) *Potência de motor a empregar.* Ver pág. 18.

***

Fazendo um balanço geral do método utilizado para o cálculo dos transportadores de correia, verifica-se que os resultados são funções de determinados valores que não podem ser determinados com exactidão. Esses valores são os da função Ψ, dos coeficientes de atrito f_1, f_2 e φ_1 e dos coeficientes de resistência ao enrolamento a, b_1 e b_2 além dos valores que dependem de B os quais presupõem uma distribuição uniforme da carga o que nem sempre se verifica.

Mas, apesar dos erros introduzidos por estes factores, os resultados obtidos são suficientemente aproximados para poderem ser utilizados com segurança em qualquer cálculo corrente. No entanto, quando há necessidade de fazer projectos em série, como acontece com as casas construtoras, este cálculo analítico não é cómodo por ser trabalhoso.

Por isso, cada construtor de transportadores de correia utiliza diagramas que permitem determinar ràpidamente todas as características, mediante simples leituras.

(Continua)

(1) A equação (8) também se modifica visto que L_1 não representa a distância entre os eixos; no entanto o erro que se introduz é desprezível.

"NEYRPIC"

ATELIERS NEYRET-BEYLIER & PICCARD-PICTET

GRENOBLE

EQUIPAMENTOS DE QUEDAS DE ÁGUA

EQUIPAMENTOS DAS GRANDES BARRAGENS

LABORATÓRIO DE ENSAIOS HIDRÁULICOS

HIDRÁULICA AGRÍCOLA — REGA

Descarga de fundo da Barragem de Santa Luzia da Companhia Eléctrica das Beiras
Uma válvula — Borboleta de segurança de 2 metros de diâmetro
Uma válvula — Borboleta de descarga estanque de 1m,80 de diâmetro

SOCIEDADE PORTUGUESA

NEYRET-BEYLIER & PICCARD-PICTET, L.DA

Avenida Duque de Loulé, 95 LISBOA Telefone 4 6889

FÁBRICA PORTUGAL

PRAÇA DOS RESTAURADORES, 49-57 - TEL. 24948

Guia de ensaios normativos de análise química das águas potáveis

TRABALHO APRESENTADO AO CONGRESSO LUSO-ESPANHOL PARA O PROGRESSO DAS CIÊNCIAS DE 1944 (CÓRDOVA)

POR

ROMAN CASARES LOPEZ — CARLOS CANDIDO COUTINHO

RAMIRO GUEDES DE CAMPOS — LÉON VILLANÚA FUNGAIRIÑO

(Continuação)

543.3

β) CATIOES

a) **Chumbo — Pb^{++}**

I — *Fundamento do método*

Transformação em cloreto do chumbo contido na água por adição de ácido clorídrico.

Transformação do cloreto em plumbito de sódio, solúvel, por adição de hidróxido de sódio. Transformação do plumbito em sulfureto por adição de sulfureto de sódio. A dosagem é feita por colorimetria.

Reacções:

1) $Pb^{++} + 2\,Cl' \rightarrow Cl_2Pb$

2) $Cl_2Pb + 4\,(OH)\,Na \rightarrow Pb\,(ONa)_2 + 2ClNa + 2OH_2$

3) $Pb\,(ONa)_2 + SNa_2 + 2OH_2 \rightarrow SPb + 4\,(OH)\,Na$

II — *Amostra*

Colher 2 litros.

III — *Reagentes*

a) Ácido clorídrico (D = 1,19)
b) Soluto a 20 % de hidróxido de sódio
c) Soluto a 10 % de sulfureto de sódio
d) Soluto padrão de Pb:

Acetato de chumbo cristalizado...	$0^g,1837 \diamond 0^g,1$ de Pb
Água destilada, q. b. para	1 000 cm^3

Dissolver.

IV — *Material*

a) Balão graduado de 2.000 cm^3
b) Balão graduado de 1.000 cm^3
c) Cápsula de quartzo de 500 cm^3
d) Funil e filtro
e) Balões graduados de 100 cm^3
f) Escala padrão:

Provetas de igual diâmetro ou tinas de igual secção, de fundo plano, vidro incolor e cerca de 120 cm^3 de capacidade (~ 16 a 18 cm de altura).

V — *Técnica*

a) *Preparação da amostra para a comparação*

Evaporar em cápsula de quartzo a pequeno volume (cerca de 30 cm^3) 2 000 cm^3 da água a que prèviamente se adicionou 5 cm^3 de ácido clorídrico. Alcalinisar pelo soluto de hidróxido de sódio (a reacção deve ficar fortemente alcalina). Deixar em repouso 2 horas. Filtrar para um balão graduado de 100 cm^3, lavar a cápsula e o resíduo com água destilada e juntar ao líquido contido no balão. Completar o volume de 100 cm^3, agitar e adicionar 2 cm^3 do soluto de sulfureto de sódio, agitar novamente e fazer a comparação.

b) *Escala padrão*

A escala padrão adoptada tem 13 termos, correspondentes aos seguintes volumes do soluto de acetato de chumbo (soluto padrão) a diluir com 5 cm^3 de soluto de hidróxido de sódio e água destilada de modo a perfazer 100 cm^3 de soluto a que em seguida se adicionam 2 cm^3 do soluto de sulfureto de sódio.

Ordem da escala	Cm^3 de soluto de acetato de chumbo	mg./L de Pb^{++}
1	0	0
2	0,25	0,25
3	0,50	0,50
4	0,75	0,75
5	1,00	1,00
6	1,25	1,25
7	1,50	1,50
8	1,75	1,75
9	2,00	2,00
10	2,50	2,50
11	3,00	3,00
12	3,50	3,50
13	4,00	4,00

c) *Comparação*

Os recipientes contendo, respectivamente, o soluto a comparar e o soluto correspondente a um determinado termo da escala, são postos, lado a lado, sobre um fundo branco fortemente iluminado, devendo a observação da cor ser feita segundo o eixo longitudinal e conservando a base das provetas à distância de 5 cm do fundo branco.

É preferível considerar duas fases no ensaio.

Na primeira compara-se sucessivamente com o conteúdo dos recipientes correspondentes aos 1.º, 5.º, 10.º e último termo da escala, que constituem 3 zonas, numa das quais estará compreendida a coloração de identidade.

Na 2.ª fase faz-se a comparação com os termos da escala da zona demarcada na 1.ª fase.

VI — *Cálculos*

$$Pb^{++}\ mg/L = \frac{n}{2}$$

em que:

n — teor em chumbo do termo da escala padrão correspondente à coloração de identidade.

b) Ferro e Aluminio — $O_3\ Fe_2$ e $O_3\ Al_2$ [1]

I — *Fundamento do método*

Transformação dos cloretos de Fe e Al existentes no filtrado donde se separou a sílica (vidé art. «Sílica») em hidróxidos pela acção da amónia; transformação dos hidróxidos em sesquióxidos por calcinação.

Reacções:

1) $2\ Cl_3Fe + 6\ OH\ (NH_4) \rightarrow 2\ (OH)_3Fe + 6\ Cl\ (NH_4)$

2) $2\ Cl_3Al + 6\ OH\ (NH_4) \rightarrow 2\ (OH)_3Al + 6\ Cl\ (NH_4)$

3) $2\ (OH)_3Fe \rightarrow O_3Fe_2 + 3\ OH_2$

4) $2\ (OH)_3Al \rightarrow O_3Al_2 + 3\ OH_2$

II — *Amostra*

(Vidé art. «Resíduo Seco»)

III — *Reagentes*

a) Soluto a 10 % de cloreto de amónio.
b) Amónia.

IV — *Material*

a) Matrás de Erlenmeyer de 250 cm^3
b) Funil com filtro de cinzas conhecidas
c) Vareta com terminal de borracha
d) Cadinho de porcelana
e) Balão com dispositivo para lavagem de precipitados.

---

[1] Caso existam na água os aniões PO_4''' e AsO_4''', a aplicação deste método conduz à formação não só dos sesquióxidos de Fe e Al como também dos respectivos fosfatos e arseniatos. Contudo, o seu teor é, geralmente, tão pequeno nas águas potáveis que não deverá considerar-se.

V — *Técnica*

Ao líquido contido no matrás de Erlenmeyer donde se separou a sílica (vidé artigo «Sílica») adicionar 10 cm^3 do soluto de cloreto de amónio e amónia em excesso. Agitar, deixar em repouso durante duas a três horas. Filtrar. Lavar o matrás e o precipitado com água fervente até que o filtrado esteja isento de cloretos. Secar na estufa. Calcinar em cadinho de porcelana tarado (p). Deixar arrefecer e pesar (p').

VI — *Cálculos*

$$O_3Fe_2 \text{ e } O_3Al_2 \text{ mg/L} = (p' - p) \times \frac{1000}{V}$$

em que:

p — peso em mgs. do cadinho
p' — peso em mgs. do cadinho com o resíduo
V — volume da toma (Vidé artigo «Resíduo Seco».)

c) Ferro — Fe^{+++}

I — *Fundamento do método*

Transformação dos sais de ferro existentes na água em sulfocianeto férrico. Comparação da coloração obtida, ou com padrões fixos ou com solutos de concentrações conhecidas de ferro.

Reacção:

$$6\ S(CN)K + (SO_4)_3\ Fe_2 \rightarrow {}_2(SCN)_3\ Fe + {}_3SO_4K_2$$

II — *Amostra*

Colher 1 a 2 litros da água e adicionar, «in loco», 5 cm^3 de ácido sulfúrico e 5 cm^3 de água oxigenada.

III — *Reagentes*

a) Soluto a 20 % de sulfocianeto de potássio
b) Ácido sulfúrico isento de ferro
c) Água oxigenada isenta de ferro
d) Soluto padrão de sulfato férrico amoniacal

$$(SO_4)_2\ Fe\ .\ NH_4,\ {}_{12}OH_2$$

Reduzir a pó cerca de 2 gs de sulfato férrico amoniacal e comprimi-lo entre duas folhas de papel de filtro.

Pesar 0,4822 g e dissolver num balão graduado de 1000 cm^3 em 900 cm^3 de água destilada adicionados de 5 cm^3 de ácido azótico; completar o volume com água destilada. Agitar. Cada cm^3 deste soluto contém 0,05584 mg de Fe.

NOTA: Na falta de ácido sulfúrico isento de ferro, pode empregar-se ácido azótico ou ácido clorídrico e clorato de potássio igualmente isentos de ferro.